

**V I
S I
B L E**

**IMAGES &
DISPOSITIFS**

**DE
VISUALISATION
SCIENTIFIQUES**

2009 n°5

**L'image dans le discours scientifique :
statuts et dispositifs de visualisation**

Politique éditoriale

Visible est une revue de sémiotique visuelle publiée par le Centre de recherches sémiotiques (CeReS) de l'université de Limoges, qui entend témoigner de l'importance des échanges dans les recherches actuelles sur la signification. Soucieuse d'interdisciplinarité, *Visible* souhaite affirmer un souci d'approfondissement théorique afin de rendre compte de l'extrême diversité des objets visuels aujourd'hui partagés entre le monde de l'art, la communication, l'informatique et la mercatique, notamment. La revue entend aussi faire le lien entre les différents domaines attentifs à la signification de l'objet, entre la théorie et l'analyse, la recherche fondamentale et appliquée. La revue participe à la construction d'un lieu d'échanges européen et publie, par priorité, les résultats de ces rencontres, en français et en italien.

Le cinquième numéro de *Visible*

Avec ce numéro dirigé par Maria Giulia Dondero (FNRS/université de Liège) et Valentina Miraglia (université de Limoges), *Visible* entame un second cycle consacré aux recherches entreprises dans le cadre de l'ANR *Images et dispositifs de visualisation scientifiques* (2008-2010). Pour ce nouveau programme qui confronte la sémiotique aux sciences dites dures, le groupe de chercheurs constitué pour le programme précédent (les universités de Liège et Venise réunies autour de celle de Limoges) s'est élargi aux scientifiques de l'université de Strasbourg (laboratoire IRIST).

Visible retrace les étapes successives de cette réflexion collective et réunit les actes des journées d'étude organisées par les différentes équipes européennes. Mais ces résultats feront l'objet des prochains numéros de la revue, celui-ci se consacrant au colloque organisé, en prélude au programme ministériel, par Jacques Fontanille, Maria Giulia Dondero et Anne Beyaert-Geslin, au Centre international de sémiotique et de linguistique de l'université d'Urbino en juillet 2007. Anticipant sur une publication nécessairement différée dans le temps, un site fonctionnel dédié aux membres du réseau permet de partager la réflexion collective, les corpus et résultats. <www.flsh.unilim.fr/anr-idivis/>

Comité scientifique : Catherine Allamel-Raffin (MCF, Strasbourg) ; Sémir Badir (chercheur FNRS/Liège) ; Jean-François Bordron (PR, Limoges) ; Lucia Corrain (PR, Bologne) ; Maria Giulia Dondero (chercheur FNRS/Liège) ; Paolo Fabbri (PR, Venise) ; Jacques Fontanille (PR, Limoges) ; Herman Parret (PRE, Leuven) ; Nathalie Roelens (MCF, Nimègue).

Comité de parrainage : Per Aage Brandt (PR, Aarhus) ; Omar Calabrese (PR, Sienne) ; Georges Didi-Huberman (ED, EHESS) ; Umberto Eco (PRE, Bologne) ; François Jost (PR, Paris 3) ; Jean-Marie Klinkenberg (PR, Liège) ; Jean Petitot (DE, EHESS).

Rédactrice en chef et coordonatrice scientifique du projet ANR : Anne Beyaert-Geslin (MCF-HDR, Limoges).

Tous nos remerciements à l'ANR qui finance cette revue.

5. L'image dans le discours scientifique : statuts et dispositifs de visualisation

La collection Visible « L'hétérogénéité du visuel »

N° 1, *La diversité sensible* (2005)

dirigé par Anne BEYAERT-GESLIN et Nanta NOVELLO-PAGLIANTI

N° 2, *Synchrétismes* (2006)

dirigé par Maria Giulia DONDERO et Nanta NOVELLO-PAGLIANTI

N° 3, *Intermédialité visuelle* (2007)

dirigé par Sémir BADIR et Nathalie ROELENS

N° 4, *Diagrammes, cartes, schémas graphiques* (2008)

dirigé par Elisabetta GIGANTE

**La collection Visible « Images et dispositifs de visualisation
scientifiques »**

N° 5, *L'image dans le discours scientifique : statuts et dispositifs de
visualisation* (2009)

dirigé par Maria Giulia DONDERO et Valentina MIRAGLIA

Sommaire

<i>Le statut sémiotique de l'image. Rapport d'expérience sur l'inter-sémiotique dans le discours scientifique</i> Sémir BADIR	9
<i>La photographie aérienne, pseudo carte et pseudo plan</i> Anne BEYAERT-GESLIN	61
<i>Images et diagrammes des objets et de leurs transformations dans l'espace</i> Luciano BOI	77
<i>Expérience d'objet, expérience d'image</i> Jean-François BORDRON	111
<i>Image scientifique et énonciation du temps</i> Maria Giulia DONDERO	123
<i>La Fonction de Transfert Optique (FTO)</i> Francis EDELINE	149
<i>Tendere l'orecchio. Perlustrazioni semiotiche sul displaying a partire dall'udibile</i> Giacomo FESTI et Andrea VALLE	167
<i>Le « réalisme » paradoxal de l'imagerie scientifique</i> Jacques FONTANILLE	191
<i>Arte digitale nella comunicazione scientifica</i> Marcella Giulia LORENZI et Mauro FRANCAVIGLIA	211
<i>L'iconographie de Louis Pasteur : variations de la figure du savant dans des dispositifs de popularisation</i> Daniel JACOBI	235
<i>La sémiotique des textes scientifiques depuis le travail de Françoise Bastide</i> Bruno LATOUR	251

<i>Carrière d'une image scientifique : de l'invisible à la diversité du visible</i> Odile LE GUERN	263
<i>Le immagini nei dati : modelli di estrazione e visualizzazione</i> Guido MAURELLI	273
<i>Obstinément efficace. Rhétorique visuelle du cerveau humain</i> Tiziana MIGLIORE	293
<i>Image, discours et scientifique en ligne</i> Eléni MITROPOULOU	311
<i>Le « jeunisme » de l'imagerie scientifique</i> Nathalie ROELENS	335
<i>Pratiques sémiotiques et isocinétisme en MPR</i> Jean-Michel WIROTIUS	355

Le statut sémiotique de l'image. Rapport d'expérience sur l'intersémiotique dans le discours scientifique

Sémir BADIR
*Fonds National belge de la Recherche Scientifique
Université de Liège*

Présentation

Autant que le lecteur en soit prévenu d'emblée : l'article qu'il s'apprête à lire est exceptionnellement long. C'est qu'en réalité il s'agit de *deux* études imbriquées l'une dans l'autre, portant sur des objets distincts. Le premier de ces objets est propre à la sémiotique : il se rapporte au statut de l'image en tant que langage ; le second intéresse la philosophie des sciences et concerne le rapport du texte et de l'image dans le discours scientifique. Le second objet, initialement visé, a commandé qu'on se penche aussi sur le premier. De fait, nous nous sommes rendu compte, au cours de notre travail, qu'il ne saurait y avoir de fondation sémiotique du langage visuel sans explicitation du rapport nécessaire qu'entretient celui-ci avec le langage verbal ; et que, en retour, c'est bien la théorisation du rapport entre le texte et l'image qui permet de conduire une analyse des images dans le discours scientifique. De tels réquisits sont restés durablement inaperçus en sémiotique. Il nous semble qu'une contextualisation historique de cette double problématique introduira au mieux aux enjeux de la présente étude.

Tableau historico-critique de la sémiotique visuelle

Le postulat inaugural de la sémiotique consiste en la possibilité d'exporter la méthode d'analyse mise au point en linguistique structurale vers d'autres types d'objets que les langues verbales. Très tôt dans l'histoire de la sémiotique, ce postulat a été testé vers des images de toutes sortes — images publicitaires (R. Barthes, U. Eco), tableaux (L. Marin), films (Chr. Metz, Th. Kuntzel), bandes dessinées (M. Covin) images diagrammatiques

(J. Bertin), etc. L'hypothèse, corrélative à ce postulat, d'un « langage visuel » a été au centre de toutes les attentions, tant dans le domaine du cinéma que dans celui de la peinture ou de l'architecture, avec pour conséquence que la co-existence de plusieurs langages visuels — un langage cinématographique, un langage pictural, un langage architectural, etc. — a bientôt remplacé l'hypothèse première. Pourtant l'hypothèse généraliste est celle qui a finalement résisté le mieux aux obstacles, tant épistémologiques que méthodologiques. À la suite de diverses tentatives, parmi lesquelles on peut citer les travaux d'Umberto Eco (1970), de René Lindekens (1976) ou de Fernande Saint-Martin (1987), le Groupe μ (1992) est parvenu à proposer un modèle général du langage visuel — un modèle où sont établis en réalité *deux* langages, un langage plastique et un langage iconique, chacun disposant d'un plan d'expression et d'un plan du contenu propres, sur lesquels peuvent être conduites tant une analyse paradigmatique qu'une analyse syntagmatique¹. Cette hypothèse demeure une hypothèse forte. Son développement est en cours, rassemblant un nombre suffisant de sémioticiens pour circonscrire un champ spécifique d'application et une sous-discipline afférente à ce champ. Aussi la *sémiotique visuelle*, puisque telle elle se nomme, a-t-elle pu progressivement se démarquer de la méthode de linguistique structurale qui est à la base de l'analyse sémiotique des textes. C'est du reste sous la pression des visualistes que la configuration épistémologique de la sémiotique se développe aujourd'hui en une théorie générale à laquelle est rattachée une série de domaines particuliers — moins comme une théorie fédératrice de sous-disciplines que sous forme d'interdiscipline, dont les domaines sont interconnectés mais non soumis à une autorité théorique surplombante².

Il faut observer toutefois que la version faible de cette hypothèse, selon laquelle l'image partagerait avec le langage verbal certaines similitudes formelles mais non suffisantes pour définir un langage visuel (ou plusieurs langages visuels) à proprement parler, cette hypothèse « faible » tombe quant à elle sous le sens. L'image est « codée » dans la mesure où elle est un artefact, le produit d'une activité humaine consciente. Sa production repose donc, au moins en partie, sur des sélections et des combinaisons, des tris et des mélanges — bref du paradigmatique et du syntagmatique³. La part de code dans l'image fait d'elle un moyen d'expression et un instrument de

¹ Ce sont là les traits définitoires de tout langage : la co-présence d'un plan d'expression et d'un plan de contenu et la possibilité d'une double analyse des manifestations sur chacun des plans : analyse paradigmatique en « catégories » et « unités » et analyse syntagmatique en « règles de combinaison » des unités et des catégories. Une définition moins restrictive ne saurait assurer la spécificité de l'approche sémiotique.

² Sur le concept d'interdiscipline, on peut se reporter à Badir 2007.

³ En langage greimassien, l'image relève au moins d'un système « semi-symbolique ». Mais s'arrêter là, c'est signifier l'inutilité de l'analyse sémiotique.

connaissance. Les savants de toutes les époques, et parmi eux les scientifiques de notre modernité, n'ont évidemment pas manqué d'utiliser la codification de l'image pour en faire un instrument de connaissance, et ont du reste explicité pour une large part les codes qui conduisent à leur production. Les artistes de toutes les cultures ont appris à mélanger les couleurs, les formes et les textures — les trois composantes générales du langage plastique — pour composer des œuvres, à la manière dont les écrivains se sont servis de la langue sans qu'ils aient eu pour cela à attendre le travail des grammairiens.

L'hypothèse forte relative à l'existence d'un langage visuel équivalent au langage verbal reste donc au cœur du programme d'une sémiotique visuelle. Elle est liée à sa condition même d'existence dans le champ des savoirs : si le langage visuel ne pouvait, finalement, être établi à un titre comparable à celui que la langue a reçu en linguistique structurale, et selon les critères même de validité de cette linguistique, alors il y a peu de chance que la sémiotique visuelle puisse faire valoir ses prétentions à étudier les images d'une façon spécifique face à des disciplines de tradition plus ancienne, que ces disciplines aient fait de l'étude des images un terrain de spécialités, comme c'est le cas de l'histoire de l'art, ou qu'elles aient intégré une telle étude à une pratique plus large, comme c'est le cas de la plupart des sciences formelles et expérimentales. Cette condition d'existence de la sémiotique visuelle intéresse le projet de la sémiotique dans son ensemble, car c'est en établissant les *généralités spécifiques* propres à chaque langage que la sémiotique générale peut faire valoir un champ théorique réellement plus large que celui de la linguistique générale.

Ce point est bien connu mais capital ; nous voudrions en retracer brièvement l'argument, en nous excusant auprès des avertis de ce que ce rappel pourra contenir de trivial. Par « généralités spécifiques », le sémioticien, suivant en cela le linguiste structuraliste, entend un niveau d'analyse qui permette de faire abstraction des particularismes matériels et individuels dans lesquels tout discours, qu'il soit scientifique ou qu'il appartienne à un autre type de pratique, est nécessairement immergé ; et l'abstraction des particularismes permet précisément de rendre compte de l'objet d'une pratique considérée dans sa dimension sociale et cognitive. Qu'on se rappelle ainsi que la linguistique structurale doit son principal succès au fait qu'elle ait cherché à rendre compte d'un objet empirique — une langue — en faisant abstraction des modalités matérielles de sa manifestation (oralité ou écriture). La langue française, par exemple, correspond bien à une réalité sociale, à ce niveau d'appréhension qui est à la fois général (par rapport aux particularismes matériels et individuels) et spécifique (par rapport à d'autres pratiques et, pour commencer, par rapport à d'autres langues). À un niveau de généralité plus grande encore, la linguistique structurale a cherché à rendre compte de la généralité spécifique de « la langue », en général, telle qu'elle se manifeste de façon constante

dans telle ou telle langue particulière. On a l'habitude de qualifier de *formel* ce niveau de généralité. Or c'est bien à la construction d'un niveau formel que la linguistique doit sa prétention à détenir un objet empirique propre — la langue en général étant un objet empirique ne fût-ce que par l'usage du mot qui le désigne dans le discours non savant⁴ — et à exister en tant que discipline dans le champ des savoirs. Toutefois, le caractère empirique d'un objet général n'est jamais définitivement acquis. D'un côté, il est des programmes réductionnistes — hier logiciste, aujourd'hui cognitiviste — pour dénier à la langue toute spécificité. D'un autre côté, le déni structuraliste du matériel dans la langue a marqué, et marque encore, le projet de bien des tendances de la linguistique — linguistique de la parole, linguistique de l'énonciation, pragmatique, analyse du discours, etc. À ce titre, le projet de la sémiotique paraît bien plus risqué que celui de la linguistique structurale, car son niveau formel ne peut être atteint qu'à un degré de généralité plus grande encore. Le risque est double : en Charybde, espace des pratiques empiriques, il consiste à élever l'analyse des images à un niveau de généralisation tel que le langage visuel soit établi à l'instar de la langue ; en Scylla, espace de l'abstraction, il importe de maintenir une spécificité au langage visuel capable de permettre sa distinction vis-à-vis d'autres types de langage, en particulier vis-à-vis de la langue, sans quoi on retombe sur la version faible de l'hypothèse formelle — « l'image est codée » — qui ne saurait assurer à la sémiotique de garanties suffisantes pour son autonomie.

Dans ce cadre théorique, la détermination des rapports entre langue (ou langage verbal) et langage visuel prend tout son sens. Seule cette détermination permettra d'écarter définitivement le risque d'une indistinction ; seule donc elle assurera à la sémiotique — et, insistons là-dessus, pas seulement à la sémiotique visuelle — la pertinence du niveau formel qui lui est assigné.

On pourrait supposer, vu l'importance des enjeux épistémologiques qui y sont impliqués, que l'analyse formelle des rapports entre langages ait été convenablement développée par la théorie sémiotique. En fait bien des carences subsistent à ce sujet. Hjelmslev, certes, avait montré la voie et signalé l'enjeu. Dans le *Résumé of a Theory of Language*⁵, les relations formelles entre deux langages sont de trois types : (i) un langage A peut être dépendant d'un langage B à travers son plan de l'expression ; (ii) un langage A peut être dépendant d'un langage B à travers son plan du contenu ; (iii) un langage A et un langage B peuvent être interdépendants. Les deux premiers types sont plus longuement décrits par Hjelmslev dans les *Prolégomènes à une théorie du langage*⁶ : selon le premier type, le langage A est *connotatif* ; c'est, typiquement, le cas du langage littéraire, dont le plan d'expression est

⁴ L'empirisme du langage est plus problématique. On sait, par exemple, que l'anglais ne connaît pas la distinction entre langue et langage.

⁵ Cf. Hjelmslev 1975, pp. 15.

⁶ Cf. Hjelmslev 1971, pp. 144-157.

dépendant du plan d'expression de la langue. Lorsqu'il correspond au second type, le langage A est *métalinguistique* ; c'est le cas de la logique, dont le langage ne peut être que descriptif vis-à-vis d'un autre langage (sa « sémantique » vient de ce langage décrit).

Le troisième type est resté moins bien défini ; sans doute est-ce celui qui présente le plus de subtilités théoriques. Quand un des plans du langage A est interchangeable, quoique non intégralement, avec le plan correspondant du langage B, il s'établit ou bien une *intersémiotique* (si le plan interchangeable est leur plan d'expression) ou bien une *polysémiotique* (si cela concerne leur plan de contenu). Par exemple, le récit est un contenu en fonction duquel le cinéma, la littérature, la bande dessinée sont des langages dont les plans d'expression sont interchangeables, bien qu'ils diffèrent par leurs moyens narratifs et dans leurs significations particulières ; le langage narratif constitue par conséquent une intersémiotique. Par ailleurs, un énoncé peut manifester des éléments d'expression appartenant à des langages ordinairement distincts, tels le langage verbal et le langage iconique, et être doté cependant d'une unité matérielle qui lui assure des significations spécifiques ; on peut alors légitimement considérer, comme c'est le cas pour la bande dessinée, que cette spécificité de contenu est le propre d'un langage polysémiotique. Remarquons du reste que la polysémiotique et l'intersémiotique sont des points de vue solidaires. L'interdépendance d'un langage A et d'un langage B ne produit qu'un seul type de relation formelle. Par exemple, si un récit n'emprunte son expression qu'à une langue, son statut intersémiotique est corrélatif de la possibilité de l'illustrer par des images dessinées ; et, à l'inverse, si une bande dessinée est perçue comme une manifestation polysémiotique, c'est que l'on considère qu'un récit court sur les plans de contenu des langages dont elle agence les éléments d'expression.

A priori, on pourrait supposer que l'étude des polysémiotiques et des intersémiotiques devrait céder le pas sur l'étude des langages et des sémiotiques simples. Dans l'histoire de la sémiotique, cependant, il n'en a pas été ainsi. C'est à partir de l'étude du récit que les hypothèses concernant l'existence d'autres langages que le langage verbal ont été mises au jour. De fait, il est apparu que la dimension narrative d'énoncés « sans paroles » était indéniable et que, par conséquent, on ne pouvait laisser supposer, comme cela était le cas chez Propp, que le récit devait nécessairement reposer sur un langage verbal premier. Aussi est-ce par l'entremise du récit que les sémioticiens se sont penchés sur des énoncés non verbaux, ou non exclusivement verbaux. Par exemple, lorsque Christian Metz a cherché à mettre en place une réflexion de type sémiotique sur les films, il est parti d'une hypothèse concernant la dimension narrative (c'est ce qu'il a appelé la « grande syntagmatique » du film narratif — cf. Metz 1966). Et sans doute n'était-ce pas là un point de départ aisé. L'établissement d'un « langage cinématographique », en tout cas, n'a jamais pu être atteint de façon

concluante. Dans une interview récente, le Groupe μ a jugé que le discours cinématographique est trop complexe pour pouvoir être abordé, dans l'état de l'art, par une analyse sémiotique, et qu'il est nécessaire de s'attacher d'abord aux langages simples qui le compose⁷. Ici donc l'histoire de la sémiotique serait allée à l'encontre de la démarche scientifique qui commande d'aller des choses simples aux choses complexes.

Toutefois, partir de l'analyse des langages simples n'a pas que des avantages⁸. Ainsi qu'on l'a déjà observé, dans le domaine visuel, ce langage simple est aussi un langage plus général, partant plus abstrait. Le sentiment linguistique d'un locuteur natif peut appuyer le chercheur qui parie sur l'existence d'un invariant entre les productions écrites et les productions orales d'une langue donnée⁹. En est-il de même dans le domaine des images ? Il est permis d'en douter. Même la notion d'image apparaît ouverte à la variété des interprétations, les unes restrictives (un film est-il bien composé d'images ?), les autres au contraire très accueillantes (les images débordant du domaine visuel, vers le sonore ou le conceptuel). En tout cas, il faut bien constater que, contrairement aux langues, les images ne connaissent pas de substance de référence. Dessin, peinture, photographie, film (projection de film), format numérique : autant de supports matériels qui ouvrent, de manière à chaque fois spécifique, le champ des possibles pour les usages sémiotiques des images¹⁰.

Aspects intersémiotiques et polysémiotiques du discours scientifique

Nous nous proposons ici d'interroger le rapport entre textes et images dans une pratique qui ne semble pas faire fond sur le récit. Le discours scientifique s'offre en effet de prime abord comme un discours polysémiotique non narratif. Il importe toutefois de vérifier ce statut, et la manière de conduire cette vérification consiste à déterminer le statut sémiotique des éléments — textes et images, notamment — dont il est fait

⁷ In Bundgaard & Stjernfelt (eds) 2008.

⁸ La simplicité est en fait, en sémiotique comme dans la plupart des sciences, un réquisit extrêmement problématique. Saussure l'avait bien vu, quand il dit par exemple qu'il n'y a pas de problème plus difficile et plus délicat pour un linguiste que le problème des unités (cf. Saussure 2002, pp. 26).

⁹ Le terme d'« invariant » risque d'ailleurs déjà de faire verser l'analyse linguistique dans un formalisme de type logiciste. Fr. Rastier lui préfère l'expression de « valeurs établies par défaut ». À notre sens, cette expression est, dans l'état de l'art, la plus adéquate. Elle permet en tout cas de désengluier l'analyse linguistique d'une supposée dépendance au sociologique (ce que ne permet pas des notions telles que *doxa*, *sens commun*, *sens partagé*, etc.). De fait, cette relation de dépendance s'établirait plus profitablement dans l'autre sens, comme le soutient d'ailleurs J.-M. Berthelot (1996) dans son épistémologie des sciences sociales.

¹⁰ Ici intervient la question des *textures*. Le postulat que ces textures s'organisent en un système, ainsi que le propose le Groupe μ , demeure très audacieux. En linguistique, on a rarement supposé quelque chose de comparable.

usage dans ce discours. S'il s'avère au cours de l'analyse que ces éléments ressortissent bien de langages distincts, la question se posera également de l'unité intersémiotique de ce discours.

Ce faisant, on rejoindra une réflexion traditionnelle en épistémologie des sciences concernant les conditions du discours scientifique et, par delà ce discours, les conditions formelles de « la science » elle-même, si tant est qu'on tienne ainsi à la désincarner¹¹. Est-ce la « rationalité », ou « l'argumentation rationnelle », qui tient lieu de fond intersémiotique aux divers éléments participant aux discours de la science ? Nous aurons quelque chose à dire à ce sujet au terme de notre analyse.

Notons d'ores et déjà qu'en voulant tirer des conclusions d'ordre épistémologique sur le discours scientifique à partir des résultats d'une analyse sémiotique nous mettons la présente étude dans le sillage des recherches entreprises par Bruno Latour et Françoise Bastide. Nous voudrions mentionner en particulier un article de Latour, intitulé « Le "pédofil" de Boa Vista – montage photo-philosophique »¹², où celui-ci conclut, à partir d'observations relatives à une pratique de terrain effectuée par une équipe de géologues, à l'établissement d'un objet de la science (l'objet dont parle le discours scientifique, et qui tient lieu de référent pour ce discours) par le seul enchaînement, en « immanence », des différents énoncés qui ont jalonné cette pratique (étiquettes, tables quadrillées, schémas, d'abord griffonnés sur le terrain puis repris et remaniés, équations, cartes, textes enfin). Sans doute est-ce parce que cette conclusion est jugée encore originale, et peut-être choquante au regard de l'épistémologie classique, que Latour lui conserve un tour hypothétique : « Il semble que la référence ne soit pas ce que l'on désigne du doigt ou ce qui, de l'extérieur, garantirait la vérité d'un énoncé, mais plutôt ce qui demeure constant à travers une série de transformations » (Latour 1993 : 204). Cette conclusion est en tout cas en concordance avec l'épistémologie issue de la linguistique structurale¹³. Mais nous aurons à lui adjoindre une clause restrictive, la rendant peut-être moins compromettante aux yeux d'un épistémologue réaliste (pour lequel il y a bien un extérieur devant garantir la vérité d'un énoncé).

Le présent paragraphe annonce la teneur de cette restriction. Il y a dans la majorité des études qui portent sur les pratiques discursives un problème réfractaire et résistant, c'est celui du métalangage. Réfractaire, car la présence du métalangage est si massive, tellement incontournable, que l'analyste semble presque toujours vouloir l'ignorer. Résistant, car même lorsque l'analyste cherche à lui ménager une place dans son analyse il

¹¹ À noter qu'entre le discours scientifique, objet de la sémiotique, et la science, objet d'une épistémologie essentialiste, il y aurait à mentionner au moins un terme intermédiaire, objet de la sociologie : la *pratique* scientifique.

¹² Repris dans Latour 1993, pp. 171-225.

¹³ Cette épistémologie est principalement le fait, pour ce qui concerne la littérature primaire, de Louis Hjelmslev. Voir notamment Hjelmslev 1971.

éprouvera les plus grandes difficultés à établir les distinctions nécessaires. S'il est vrai, d'un certain point de vue, qu'on ne saurait sortir de la langue, il n'est pas moins vrai que l'analyste, ou le savant, ne peut sortir du métalangage. Dans toute analyse des images, le langage verbal est en relation métalangagière avec le langage visuel. Pour autant, cela n'entraîne nullement que la qualité sémiotique du langage visuel soit validée (sinon, n'importe quoi nommé par la langue pourrait revendiquer le statut sémiotique); et même faut-il reconnaître que l'usage inévitable d'un métalangage constitue une entrave à la vérification des propriétés du langage visuel. Dans la plupart des cas, en effet, savoir si l'on ne projette pas sur le langage visuel, ou supposé tel, les propriétés du langage verbal qui sert de métalangage durant l'analyse demeurera indécidable. Après tout, si tant d'artistes plasticiens se montrent rétifs face aux commentaires de leurs œuvres, c'est que ceux-ci semblent soumettre le langage visuel au langage verbal en épuisant le contenu visuel par une expression verbale; alors que le sentiment des plasticiens est, précisément, que ce qu'ils expriment par la peinture (ou par tout autre art visuel) ne peut être épuisé dans les mots.

Aussi l'analyste qui entend débusquer les qualités sémiotiques spécifiques à son objet doit-il manipuler avec soin son métalangage. Ce que le sémioticien a de mieux à faire, en effet, est de mettre en évidence, au cours de l'analyse, la présence de contenus spécifiquement visuels à travers les trous, manques, réductions que cette présence impose si elle devait être « traduite » en mots. Cette approche apporte sans doute moins qu'une preuve ou qu'une démonstration; elle a au moins le mérite d'être empirique et falsifiable.

L'étude que nous nous proposons de réaliser aura ainsi un double objectif, par une nécessité dont ce préambule a cherché à rendre compte. D'une part, il s'agira de déterminer la relation du texte et de l'image, en général, afin de vérifier, non moins généralement, le statut sémiotique accordé à l'image. D'autre part, comme cette généralité a été atteinte, dans l'histoire de la sémiotique, à partir du récit et des discours qui le manifeste, nous prendrons pour objet d'étude un discours polysémiotique et intersémiotique *a priori* différent de ceux étudiés jusqu'ici en sémiotique (les travaux de Bastide et de Latour ayant opéré un premier défrichage), à savoir le discours scientifique. Qu'on ne s'attende pas, dans aucun de ces deux objectifs, à ce que notre analyse aboutisse à des résultats fracassants. En fin de compte, notre étude confirme le statut sémiotique du langage visuel ainsi que la dimension intersémiotique du discours scientifique. Nous ne revendiquons que le soin d'apporter ces résultats par une expérience dont les paramètres analytiques sont plus maîtrisés qu'à l'ordinaire.

Protocole d'expérience

Puisque le métalangage est à la fois le principal obstacle et la clef pour la première question posée (la relation du texte et de l'image), l'expérience mise en place a consisté à provoquer une activité métalinguistique face à l'image. L'expérience doit être en mesure de permettre le contrôle des paramètres de cette activité métalinguistique : d'abord, en la tenant à distance de notre propre activité analytique ; ensuite, en offrant, par la répétition expérimentale, l'occasion d'observer les régularités de cette activité métalinguistique ; enfin, à travers le choix d'une image particulière, en donnant à voir clairement la relation métalinguistique qui y opère. En l'occurrence, l'expérience a été réalisée en milieu scolaire au moyen d'un questionnaire écrit où figurait un schéma issu d'un texte de vulgarisation scientifique. Le questionnaire et les réponses obtenues seront donnés dans la prochaine section.

Auparavant, tâchons d'abstraire le protocole de l'expérience qui a été mise en place et de déterminer les résultats théoriques possibles face à la question posée. Soit une image I dans un questionnaire d'expérience reproduit n fois, donnant lieu à n réponses verbales, ou textes, en rapport censément interprétatif vis-à-vis de ladite image. Ces textes constituent un corpus de textes $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$. Leur analyse sémantique peut être conduite en toute indépendance au regard de l'image I ; elle révélera des similitudes et des dissemblances, tant sur le plan de leur expression que sur celui du contenu. Ce contenu, une fois reposé face à l'image, quel rapport peut-il révéler ? Un rapport métalinguistique, étant donné que c'est celui qui a été posé de manière *a priori* par le questionnaire. Le test consiste à déterminer si ce rapport métalinguistique est également un rapport polysémiotique et un rapport intersémiotique.

Du rapport métalinguistique établi *a priori*, il faut noter une particularité qui découle du caractère expérimental des réponses produites. D'ordinaire, le rapport entre un langage A et un métalangage B s'établit en mobilisant une seule forme métalinguistique capable de décrire un grand nombre de formes du langage A ; par exemple, la seule forme métalinguistique *verbe* permet de décrire, du point de vue de leur contenu, un grand nombre de formes linguistiques, telles que *parler, marcher, partir*, etc. ; autrement dit, *verbe* permet de désigner, par la généralisation opérée dans l'activité métalinguistique, une régularité inhérente aux contenus des verbes particuliers. Dans l'expérience exposée, au contraire, il n'y a qu'un énoncé du langage A , à savoir l'image I , qui soit produit, tandis que les énoncés métalinguistiques constituent le corpus T . La question qui se pose alors est de savoir si les régularités perçues par l'analyse sémantique — laquelle ressortit également à une activité métalinguistique — dans le corpus T peuvent être rapportées, et de quelle façon, à des formes de contenu du supposé langage de I .

Trois cas théoriques sont à envisager, découlant des résultats de l'analyse et du rapport métalinguistique posé entre T et I.

- Aucune similitude significative n'est enregistrée entre aucun des contenus des n textes du corpus T. Dans ce cas de figure, la visée métalinguistique de T vis-à-vis de I s'avérerait défailante, puisque aucune régularité ne pourrait être reportée sur I. L'image, dans ce cas, serait totalement opaque à l'activité métalinguistique opérée à travers le langage verbal, dont l'interprétation demeurerait extrinsèque. Aucun rapport polysémiotique ou intersémiotique ne saurait être interrogé à partir d'un tel résultat, ni confirmé le statut sémiotique de l'image. L'effectivité d'un tel résultat reste plausible avec des images dites « abstraites », à condition toutefois de rejeter hors du contenu de l'image ses formes, ses couleurs et ses textures mêmes. C'est le résultat recherché avec les images du test de Rorschach.
- Les similitudes entre les contenus des n textes du corpus T sont suffisantes pour rendre possible la construction d'un texte-type unique T° . Chaque texte t peut varier de T° par des variations, dues au choix de telle ou telle expression particulière, mais est réductible au texte-type selon les critères standard de l'analyse sémantique. La visée métalinguistique de T vis-à-vis de I serait dans ce cas parfaitement accomplie, les régularités sémantiques pouvant être clairement attribuées aux formes de contenu de l'image. Toutefois, l'interchangeabilité des éléments formels de I avec les éléments formels de T° , tant sur le plan de l'expression que sur le plan de contenu, pourrait être jugée complète et ne saurait alors correspondre, en dépit des apparences, à une situation polysémiotique et intersémiotique (dans lesquelles les régularités enregistrées par l'analyse d'un énoncé appartenant à un langage donné — ici, T — ne peuvent épuiser la description d'un énoncé appartenant à un autre langage — I). L'image, toute à la transparence métalinguistique qu'elle susciterait, serait réduite à un système symbolique¹⁴, où plan d'expression et plan de contenu ne sont distingués que par convention. Un tel résultat est souvent attendu pour les diagrammes et autres schémas à visée scientifique. Une légende effectuée d'ailleurs souvent l'étiquetage métalinguistique des éléments graphiques qui dès lors ne sont censés valoir qu'en tant que représentation d'un contenu élaboré en dehors d'eux.

Dans ces deux cas extrêmes, opacité pure et transparence pure, l'image reste muette. Le langage verbal permet de la faire parler ainsi qu'on anime une marionnette¹⁵.

¹⁴ Ou semi-symbolique ; cela ne fait aucune différence de notre point de vue.

¹⁵ Beaucoup de théories de l'image actuelles insistent sur l'aspect non sémiotique de l'image. Tel est le cas de J-Cl. Passeron (1991) et, à sa suite, de B. Péquignot (2008)

- Reste un troisième cas théorique, situé à mi-chemin des précédents. Où il s'agit de reconnaître l'existence d'un certain nombre de similarités entre les contenus des n textes du corpus T sans que ces similarités ne permettent la construction d'un texte-type unique T° . L'analyse sémantique a alors à établir un certain nombre de différences formelles dans le plan de contenu de T . À quoi attribuer ces similarités et ces différences ? À quelque chose à interpréter de manière intrinsèque, mettant un certain nombre de contraintes à l'interprétation mais permettant aussi un certain nombre de choix par rapport à ces contraintes. Rapportant ce choix contraint au rapport des textes de T à l'image I , il faudrait reconnaître à celle-ci un plan d'expression, puisque de la similitude est enregistrée dans la description métalinguistique de T ; mais, d'autre part, cette similitude, parce qu'elle fait place aussi, dans T , à de la différence, ne saurait en elle-même épuiser le contenu de l'image. Qu'en est-il alors du contenu de I ? Dans la situation authentiquement polysémiotique mise en place entre T et I , l'interdépendance du texte et de l'image peut être vue comme un double rapport métalinguistique. C'est la mise en scène expérimentale qui autorise un tel point de vue : I est la source du questionnaire et de l'activité métalinguistique que ce questionnaire enclenche ; mais elle demeure la cible pour l'analyse sémantique des réponses verbales ainsi obtenues. Même en l'impossibilité de construction d'un T° , I , en tant qu'elles constitue une image unitaire, doit être identifiée aux régularités analytiques du corpus de textes T . Dans ce rapport métalinguistique inversé où c'est l'image, et seulement elle, qui est capable de fournir le moyen de décrire l'unité formelle des régularités de T , le statut sémiotique de l'image se voit confirmé : car c'est bien son contenu spécifique qu'indique l'impossibilité de reconstruire T° par le moyen d'une analyse autonome du plan de contenu de T .

Nous allons à présent montrer que dans l'expérience qui a été construite, l'analyse des résultats conduit bien à ce cas théorique où le statut sémiotique de l'image peut être confirmé. On pourra alors se demander si le rapport doublement métalinguistique qui a été mis en place de façon expérimentale entre le texte et l'image peut connaître une certaine généralité. La question sera abordée dans nos conclusions.

qui établissent un départ radical entre l'image-icône et le texte-signé. L'image, selon eux, n'a en aucune manière à être *lue*.

Expérience

L'expérience a été réalisée auprès de deux classes d'élèves des deux sexes, âgés de 16 à 17 ans et suivant un enseignement général, toutes options confondues (latin/grec, sciences, sciences économiques, maths)¹⁶. Elle a été menée au moyen d'un questionnaire écrit, libellé sur une feuille de format A5 de la manière suivante :

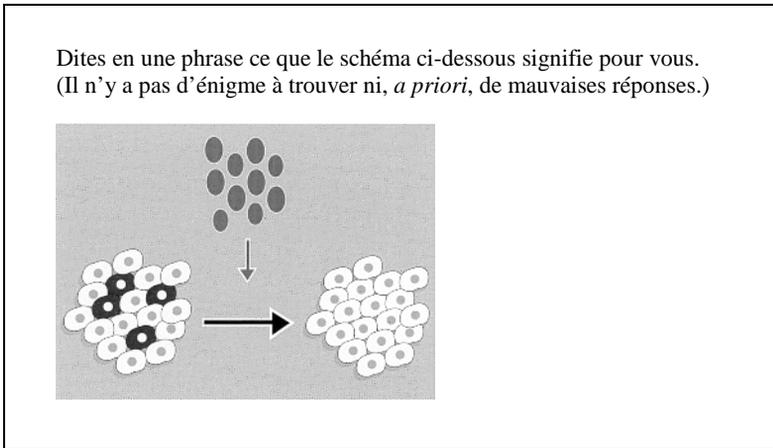


Fig. 1 : Questionnaire d'expérience

Le schéma choisi est extrait d'une revue de vulgarisation scientifique, *La Lettre du F.N.R.S.*¹⁷ Toutefois le soin a été pris de le présenter dans le questionnaire entièrement décontextualisé, privé de sa légende¹⁸ et abstrait de son usage, en ce compris sa référence éditoriale. C'est donc un test « en laboratoire » que sert cette image ; on a cherché à la déprendre de tout indice susceptible de donner des informations sur la manière dont il faudrait la « décoder ». L'image a même été appauvrie du point de vue de son

¹⁶ Je remercie Rossano Rosi de m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce test auprès de ses élèves à l'école Saint-Dominique à Schaarbeek (Belgique).

¹⁷ *La Lettre du F.N.R.S.*, 55 [décembre 2003], pp. 7. Ce magazine est édité par le Fonds National belge de la Recherche Scientifique qui l'adresse à l'ensemble du personnel de cet institut ainsi qu'à un certain nombre de mécènes et autres institutions. Les articles sont rédigés par un journaliste attaché au magazine (H. Klinkenberg), sur la base de documents fournis par les scientifiques dont l'article fait état des travaux.

¹⁸ Que voici — mais nous n'en discuterons le contenu qu'au terme de notre analyse : « La moelle du patient contient des cellules normales (en blanc) et des cellules leucémiques (en rouge [ici en noir]). / Les lymphocytes du greffon (en vert [ici en gris]) vont tuer les cellules leucémiques persistantes après la greffe. / Il ne restera que des cellules normales ».

expression puisque les couleurs figurant dans le schéma original n'ont pas été reproduites, la trame présentant une gamme de gris.

Cette décontextualisation a pour but de minimiser l'infléchissement des résultats au regard du critère permettant la distinction des trois cas théoriques évoqués dans la section précédente. Ainsi que nous l'avons signalé, ce ne sont pas en effet des mêmes images, ni des mêmes pratiques d'images, que l'on peut attendre avec le plus de probabilité les deux cas extrêmes, la pure opacité et la pure transparence. Dans la nécessité d'avoir à faire porter l'expérience sur une image particulière, nous en avons choisi une qui pouvait *a priori* servir les deux cas extrêmes : par son aspect schématique, elle possède certaines des propriétés du discours scientifique qui est à l'origine de sa production ; mais sa décontextualisation et l'appauvrissement visuel effectués pour sa présentation dans le questionnaire la ramènent vers l'abstraction, d'autant qu'aucun élément figuratif n'y est trop aisément reconnaissable (ainsi qu'en témoignent d'ailleurs les réponses obtenues).

La phrase entre parenthèses a également pour but de donner à entendre que les réponses sont *a priori* libres d'attente (si cela se pouvait) de notre part. Son ajout dans le questionnaire nous a été dicté par une particularité de la situation scolaire dans laquelle s'est déroulée l'expérience, à savoir qu'il y est rare que l'élève ne reçoive pas un retour direct sur ses interventions.

Les élèves ont eu un quart d'heure pour fournir une réponse, qu'ils ont inscrite sur la feuille même du questionnaire (rien à propos de ces modalités spatiales et temporelles ne leur ayant été préalablement précisé). 51 réponses ont été ainsi collectées et retranscrites dans une liste reproduite ci-dessous. En dehors de la correction de l'orthographe lexicale, rien n'a été modifié dans les réponses ; les annotations parfois portées sur le schéma ont également été signalées. L'ordre des réponses ne transparait que celui de leur collecte.

1. C'est un organisme se baladant avec un virus (à gauche l'organisme est composé de 4 cellules porteuses du virus = les points noirs). Le médicament agit sur l'organisme et élimine le virus (donc les points noirs). A droite les points noirs ont disparu grâce au médicament. L'organisme est en bonne santé (il est composé juste de points blancs).
2. L'assainissement de cellules par injection d'antidote (formé à base du poison présent au départ dans les cellules).
3. Pour moi, le schéma signifie des cellules « en formation ». Les cellules ① pour se créer reçoivent des éléments nécessaires ②. Les cellules ③ sont les cellules formées. [numéros ajoutés sur le schéma ; 3 à droite]
4. Ce schéma me fait penser à une « analyse » de cellules... Enfin, le fait de démarrer avec un certain type de cellule et d'aboutir à un type autre.
5. Un groupe d'organismes vivants (à gauche), mélangé avec un groupe gris. Les gris s'annulent et il ne reste que des blancs (à droite) !

6. Cela me fait penser à des cellules. Certaines sont saines, d'autres sont malades (les noires). Elles sont éliminées par les ovales noirs (?) et l'ensemble de cellules est alors à nouveau sain.
7. Les points noirs qui viennent d'en haut provoquent un changement de la boule de gauche qui se transforme en la boule de droite.
8. On dirait un dessin scientifique, voire même biologique, en des espèces de molécules. Ça me rappelle mes cours de sciences de secondaires, et plus précisément aux schémas de la méiose ou de la mitose auxquels je n'ai jamais rien compris.
9. Les groupes 1 et 2 sont en opposition, le groupe 1 décide d'abattre le groupe 2. Certains membres du groupe 3 décident de rejoindre le groupe 1 par lâcheté, le reste du groupe 3 tente d'arrêter le conflit sans prendre parti. [*numéros ajoutés sur le schéma ; 3 en haut*]
10. L'association du groupement $\odot \bullet$ avec le groupement \bullet forme un groupement parfaitement homologue de \odot . \Rightarrow Fait référence à des cellules, à un traitement pour elles.
11. Le premier groupe comportant des éléments blancs et noirs, lorsqu'il réagit avec un groupe ne comportant que des éléments noirs exempts de noyaux donne un groupe d'éléments uniquement blancs et ayant des noyaux.
12. Ce sont des œufs qui vont s'écraser pour faire une omelette, qui sera elle-même rejointe par une omelette déjà faite (les œufs noirs seront cachés par le trop plein d'œufs blancs).
13. Cela me fait penser à des cailloux sales subissant un lavage afin qu'ils soient tous propres.
14. Ça me fait penser à une contamination de molécules saines par une molécule infectée. Ces bactéries s'ajoutent durant le transfert !
15. On ajoute un produit (médicament) à un groupement de cellules et ça les purifie ou les soigne.
16. On dirait des œufs de grenouilles, pondus et ensuite fécondés.
17. Pour moi, ce schéma représente l'intervention de cellules extérieures sur un corps (malade probablement puisque certaines cellules sont noires) \rightarrow Le résultat aboutit à une guérison.
18. A devient B avec un apport de C. [*lettres ajoutées aux bords du schéma ; C en haut*]
19. C'est un schéma représentant quelque chose en génétique. Les « boules » blanches représentant des cellules et qui grâce aux « boules » noires redeviennent saines, homogènes.
20. 1°/ amas de cellules, dont certaines cancéreuses
2°/ ajout d'une substance 3°/ suppression des cellules cancéreuses.
21. Il y a un virus dans des globules, certaines cellules sont touchées. On introduit un remède. Les globules / cellules sont « guéries », neuves.
22. La purification de cellules par les antigènes (les cellules chargées de nettoyer l'organisme de ses bactéries, virus...)
23. L'addition des cellules noires au groupe hétéroclite donne un groupe homogène de cellules blanches.
24. Neutralisation des bactéries dans le processus d'épuration de l'eau.
25. Des bactéries qui tombent sur un corps, et le corps assimile les bactéries et les supprime.
26. Pour moi, cela signifie une réaction chimique :



27. Ce sont des cellules grises qui ont fusionné avec un groupe de cellules blanches à noyau pour donner un groupe de cellules blanches à noyau avec des cellules grises à noyau blanc pour donner un ensemble de cellules blanches à noyau gris dans un vide gris clair.
28. Quand il y a des noirs et des blancs dans un groupe où les noirs sont minoritaires, les noirs sont exclus ou pris par un autre groupe de noirs, de conclusion : séparation noir / blanc.
29. L'action de substances (médicaments) sur des cellules « malades » (à gauche) pour les soigner et on retrouve des cellules saines (à droite).
30. Un ensemble d'atomes différents auxquels on ajoute un élément donne un ensemble d'atomes identiques.
31. Les mailles d'un vêtement ayant une tache. Sous l'action du savon, la tache a disparu. [savon *ajouté sur le schéma, en haut*]
32. Cela signifie, selon moi, un métissage.
33. Des cellules organiques affectées qui deviennent saines.
34. Ça me fait penser à des œufs de poissons.
35. – Fécondation d'œufs de grenouilles ou de poissons.
noirs = non fécondés blancs = fécondés
1. ovules
 2. fécondations
 3. fécondations + « enlevage » des mauvais ovules.
36. Cela montre la fécondation des ouistitis.
37. Cela signifie pour moi la fécondation des œufs de

poissons,
têtards
...
38. À gauche une cellule « malade », on injecte des cellules et paf ça fait des chocapic la cellule est guérie.
39. Ce schéma évoque pour moi une sorte de formule où en combinant deux de ces trois symboles, on obtient le dernier.
40. C'est bizarre. D'abord les molécules sont différentes et c'est pas trop beau. Après les noirs viennent, les molécules sont changées et maintenant elles sont [de] la même couleur.
41. L'introduction d'un élément tiers dans une réaction provoque la purification de cellules corrompues.
42. Lorsqu'on rajoute un élément à une réaction, celle-ci change et se transforme (ici il me semble que ce sont des cellules).
43. Des cellules infectées, contaminées, peuvent être guéries par la même substance qui les a contaminées.
44. Un schéma scientifique de cellules montrant que si au groupe 1, on ajoute le groupe 2, on obtient le groupe 3. [*chiffres ajoutés dans l'image ; 3 à droite*]
45. Des « globules » (boules) gris foncé mélangés avec des blancs donnent des « globules » blancs (mélange hétérogène qui devient homogène).
46. Ce sont 10 boules grises rencontrant un ensemble de 19 boules composées d'un noyau dont 4 d'entre elles sont grises. Une sorte de réaction permet de déboucher sur 19 boules blanches à noyau.
47. Selon moi, ce schéma représente un ensemble de cellules (de deux sortes différentes) auquel un élément est ajouté afin de rendre les cellules de nature identique entre elles.
48. Associations de cellules qui par ajout d'autres cellules deviennent toutes identiques.

49. Dans un contexte scientifique je vois des cellules qui rencontrent des autres cellules et puis il n'y a plus des cellules noires comme les unes qu'il a rencontrées. [*sic*]

50. Au départ il y a des œufs auxquelles sont rajoutées un composé qui, ensemble, en forment un nouveau.

51. Des œufs de grenouille qui se sont formées suite à une fusion. Ils ont été mélangés à des crasses, puis nettoyés.

Il apparaît d'emblée que dans leur grande majorité les élèves ont identifié le discours scientifique sous-jacent au schéma qui leur a été présenté. Un bon nombre d'entre eux sont même parvenus à formuler, avec plus ou moins de précision, la thématique originelle (la biochimie médicale). Quelques élèves ont en revanche produit des énoncés manifestement non conformes, telle la réponse n° 38 :

38. À gauche une cellule « malade », on injecte des cellules et paf ça fait des chocapic la cellule est guérie.

Mais, tant parce que la thématique originelle est retrouvée que parce que l'action décrite est conforme à l'action rapportée dans la légende du schéma original, le syntagme *et paf ça fait des chocapic* ne gêne nullement une interprétation intrinsèque apparentée à celles que l'on trouve dans les réponses les plus conformistes¹⁹. En quelque sorte, une rhétorique si ostensible ne fait que rendre plus évidente la présence de l'énoncé conforme qui lui est sous-jacent.

Un pré-test, réalisé dans notre entourage avait pourtant recueilli des réponses beaucoup moins conformes à la légende originale que celles obtenues lors de l'expérience. Par exemple : « Je t'aime » ou « La pluie fait perdre à l'arbre en fleurs ses fleurs »²⁰. Un contraste aussi remarquable entre les deux corpus de réponses confirme, au besoin, la libre disposition interprétative de l'image choisie face aux cas théoriques que l'expérience cherche à éprouver²¹. Il indique toutefois également l'importance du contexte dans l'analyse globale qui va être dégagée du corpus scolaire. Dans un contexte d'apprentissage tel que la classe de cours, l'identification d'un énoncé en tant qu'énoncé épistémique se fait comme par défaut et l'activité métalinguistique est courante, sinon ordinaire. Nous aurons à tenir compte de cette importante observation dans les conclusions.

¹⁹ Sa déléation est d'autant facile à justifier qu'il s'agit d'un syntagme figé (un slogan dans un spot publicitaire pour une marque commerciale de produits alimentaires dont les 6-18 ans sont la cible privilégiée).

²⁰ Précisons que, pour aussi surprenantes qu'elles paraissent de prime abord, ces réponses demeurent interprétables (elles l'étaient pour ceux qui nous les ont fournies, sans volonté de provocation).

²¹ Détail propice à renforcer ce contraste : lors du pré-test, la phrase mise entre parenthèses dans le questionnaire était absente. Aucune invitation, par conséquent, à divaguer.

Analyse

Notre analyse sémantique des textes se base sur la méthode amorcée par Greimas (1966) puis mise au point par Fr. Rastier (1987, 1989, 1994), développée à présent par une équipe internationale de recherches (cf. notamment Malrieu & Rastier 2001, Hébert 2001 & 2007, Duteil-Mougel 2004, Missire 2006 & 2008, Canon-Roger & Chollier 2008). La méthode divise l'analyse en quatre composantes dont l'articulation peut être raisonnée au moyen de catégories universelles issues de la théorie du langage :

	Syntagmatique	Paradigmatique
Intensif	DIALOGIQUE	THEMATIQUE
Extensif	DIALECTIQUE	TACTIQUE

Tab. 1 : Composantes d'analyse textuelle sur le plan de contenu

Elle peut en outre être complétée par une méthode d'analyse pour le plan d'expression des textes. Cette analyse de l'expression est argumentable selon les mêmes catégories qui ont servi à structurer l'analyse sémantique²².

	Syntagmatique	Paradigmatique
Intensif	MEDIATIQUE	MORPHOLOGIQUE
Extensif	DISTRIBUTIONNELLE	RYTHMIQUE

Tab. 2 : Composantes d'analyse textuelle sur le plan de l'expression

Deux composantes, la thématique et la dialectique, seront exploitées de façon approfondie dans le cadre de la présente analyse. Les autres composantes, qu'elles appartiennent à l'analyse du plan du contenu ou à l'analyse du plan de l'expression, seront évoquées à titre d'appui. Notons cependant que la rythmique est au principe même de l'analyse, puisque c'est à partir de cette composante analytique de l'expression que le corpus T est décomposé en 51 textes comparables.

²² Suivant en cela une suggestion de Fr. Rastier (2001, pp. 249) mais en arrangeant différemment les composantes.

Composante thématique

La composante thématique consiste à dégager des régularités sémiques dans un texte donné. Dans le cas présent, elle consiste surtout à observer les régularités sémiques entre les 51 textes du corpus T. Ces régularités sont principalement de deux ordres : les régularités de sèmes mésogénériques, permettant de créer des impressions référentielles (c'est-à-dire de dire de quoi parlent les textes) ; les régularités de sèmes macrogénériques, microgénériques et spécifiques²³ qui assemblent des molécules sémiques ; c'est en appariant celles-ci à des rôles dialectiques que l'on peut établir les « acteurs » du texte (c'est-à-dire les objets et sujets du discours).

On remarquera que ces deux types de régularités ne sont pas nécessairement corrélées. Par exemple, le sémème « cailloux » (texte n° 13) n'induit pas la même impression référentielle que le sémème « cellules » ; il a néanmoins en commun avec celui-ci le sème macrogénérique /pluralité/ et les sèmes microgénériques /rotondité/ et /petitesse/, de sorte qu'il peut participer, fût-ce à un degré moindre, à la constitution d'une molécule sémique actualisée par l'ensemble des sèmes de « cellules ».

On commencera par les résultats de l'analyse mésogénérique, ce qui règlera la question de l'impression référentielle dont nous avons déjà touché un mot dans la section précédente. Sur les 51 textes, 39 renvoient aux discours des sciences du vivant, soit une proportion de près de 80% du corpus. Plus particulièrement, 27 font référence au discours de la biologie et de la chimie, quelquefois de façon particularisée (n° 19 : domaine génétique ; n° 24 : domaine de l'épuration de l'eau), le plus souvent de façon générale ; 6 font référence à la biologie animale et 6 autres font référence à la recherche médicale. Deux autres textes renvoient à d'autres domaines scientifiques (n° 32 : anthropologie [?] ; n° 39 : logique). Six ne produisent aucune impression référentielle déterminable, ce qui laisse seulement trois textes renvoyant à des domaines non scientifiques (n° 1 : alimentaire ; n° 9 : situation de conflit ; n° 31 : vie domestique). Ainsi, sur 51 réponses, seulement 3 d'entre eux s'avèrent non conformes à l'identification de l'image comme image d'un discours scientifique.

²³ Les sèmes macrogénériques définissent des dimensions, classes sémantiques très générales organisées en petites catégories fermées, telles que /animé/ vs/inanimé/ ou /singulier/ vs /pluriel/. Les sèmes micro-génériques définissent des taxèmes, classes minimales de sémèmes, tandis que les sèmes spécifiques spécifient les sémèmes au sein des taxèmes ; exemple : taxème des /couverts/, comprenant trois sémèmes, distincts par les sèmes spécifiques /pour couper/ (« couteau »), /pour saisir du liquide/ (« cuiller »), et /pour saisir du solide/ (« fourchette »). Les sèmes sont signalés entre barres obliques, les sémèmes entre guillemets.

Parmi les six textes qui n'ont pas de domaine référentiel déterminable (n° 7, 11, 13, 18, 28, 46), 4 ont néanmoins un sème mésogénérique isotopant, à savoir le sème /langage graphique/. Dans ces textes, l'expression même du langage graphique, en l'absence de toute détermination contextuelle, est tenue pour un domaine sémantique. Ce qui revient à dire que ces textes sont explicitement métalinguistiques : ils ont pour contenu un langage, à tout le moins un système d'expression²⁴. L'activité métalinguistique ne porte pas toutefois sur n'importe quels éléments du schéma : elle désigne les *points, boules, groupes d'éléments blancs et noirs, boules blanches à noyau*, etc. ; en revanche les flèches ne sont jamais désignées en tant que telles (c'est-à-dire par le mot *flèche*). Exemple :

7. Les points noirs qui viennent d'en haut provoquent un changement de la boule de gauche qui se transforme en la boule de droite.

Une telle activité de désignation métalinguistique se déploie en fait sur un bon nombre de textes (24, soit 47% d'entre eux, en dehors de 5 cas douteux²⁵ et de 8 cas implicites²⁶ dont la prise en compte fait monter leur proportion à 73%), 20 d'entre eux produisant en outre une impression référentielle non métalinguistique²⁷. Entre le domaine métalinguistique et le domaine référentiel, des connecteurs établissent parfois clairement une connexion métalinguistique²⁸. Tel est le cas du texte n° 1, où le connecteur employé est un symbole algébrique :

52. 4 cellules porteuses du virus = les points noirs

²⁴ Des études complémentaires sur d'autres types de corpus permettraient de savoir si la fréquence de l'explicitation métalinguistique est déterminée par le caractère polysémiotique du questionnaire. Si la question avait porté sur un texte, aurait-on eu avec la même fréquence des syntagmes introductifs du type « Ce texte me fait penser à », ainsi qu'on en trouve dans le corpus analysé (n° 4 : « Ce schéma me fait penser à... » ; n° 16 : « On dirait... ») ? L'explicitation métalinguistique est-elle même plus fréquemment sollicitée face à un schéma que face à un tableau ou à un film ? D'autres éléments d'analyse vont nous le donner à penser.

²⁵ Parmi les cas douteux, on trouve les désignations de couleur, par exemple « des cellules grises qui ont fusionné avec un groupe de cellules blanches » (n° 27). Est-il possible d'indexer avec vraisemblance de telles couleurs sur le domaine biochimique ou doit-on les assigner exclusivement aux éléments graphiques ? Le caractère explicite de l'activité métalinguistique n'y est en tout cas pas avéré.

²⁶ Lorsqu'elle n'est pas explicitement établie, la connexion métalinguistique peut être embrayée par des déictiques linguistiques tels que *ici* (n° 42) ou *cela* (n° 6), ou par des coordonnées spatiales (n° 29, entre parenthèses : *à gauche*).

²⁷ Pour le détail de cette répartition analytique, voir *infra* Tab. 5.

²⁸ Cette connexion métalinguistique, non prévue par la théorie de la sémantique interprétative, demande à être adjointe aux deux connexions déjà établies (la symbolique et la métaphorique).

ou du texte n° 45 où la connexion métalinguistique s'opère par l'usage de guillemets et de parenthèses :

45. Des « globules » (boules) gris foncé

De telles formulations, dont l'analyse dépasse la seule composante thématique (la dialogique²⁹, la distributionnelle³⁰, la morphologique³¹ et la médiatique³² y sont également convoquées), correspondent aux règles d'un genre textuel, celui de la légende. À prendre au pied de la lettre la demande énoncée dans le questionnaire, qui portait sur la *signification* du schéma, elles semblent se donner chacune comme la légende qui manque à celui-ci pour être complet. De ce fait, elles sont également les plus à même de donner corps à l'hypothèse d'une transparence pure de l'image, pour laquelle la légende supplée à une signification que l'image n'est pas capable, en elle-même, de produire. Lui donnant corps, elles ne vont pas jusqu'à permettre de la vérifier, car il faudrait encore pour cela qu'elles concordent sur la signification à attribuer à l'image, ce qui n'est pas le cas, comme nous allons le voir. Mais elles donnent de l'image une représentation, c'est-à-dire une interprétation, telle qu'elle émanerait d'un pur système d'expression, confortant ainsi l'identification de cette image-là, en ses caractéristiques schématiques, comme image issue du discours scientifique, où un tel traitement interprétatif est ordinairement attendu. Et, en retour, il se confirme aussi que les textes à contenu strictement métalinguistique sont relativement conformes au discours scientifique, dont l'impression référentielle est alors assignée par catalyse, via la caractéristique générique.

Ces premiers résultats d'analyse permettent d'écarter définitivement le cas théorique d'une pure opacité de l'image. La présence d'une activité métalinguistique explicite implique au contraire la présence d'un système d'expression inhérent à l'image. La codification de ce système visuel d'expression apparaît nettement à travers la discrétisation lexicale de ses unités dans les textes à connexion métalinguistique. Qui plus est, l'analyse de certains textes laisse transparaître une discrétisation des catégories de ces unités visuelles d'expression (cf. la différence observée entre la lexicalisation

²⁹ Toute connexion indique la dissimulation d'au moins deux mondes, ici un monde de référence et un monde sémiotique.

³⁰ Notamment l'ordre des syntagmes concernés par la connexion métalinguistique.

³¹ Par le type de signes utilisés, notamment des signes non linguistiques — chiffres (1, 2, 3, ①, ②, ③), lettres isolées (A, B, C), symboles (=, ⇒, →, /), icônes (⊙●, ●, ⊙) — et des signes d'écriture — parenthèses et guillemets.

³² Par l'inscription sur le dessin de chiffres (n° 3, 9, 26, 44), de lettres (n° 18) ou de mots (n° 31) qui sont autant de signes indexicaux assurant l'embranchement métalinguistique ; par la reprise dans la réponse d'éléments graphiques (n° 10 : ⊙●, ●, ⊙ ; n° 26 : →) ; dans une moindre mesure, par l'emplacement de la réponse au lieu attendu pour une légende, au-dessous ou à droite du schéma pour 30 d'entre eux, soit près de 60% du corpus ; les autres réponses étant inscrites au verso.

explicitement métalinguistique des éléments ovoïdes et la lexicalisation non explicitement métalinguistique des flèches). Ceci laisse présager l'existence d'un système de contenu proprement visuel car on ne voit pas de quelles manières la différenciation de ces catégories d'unités visuelles d'expression puisse recouper parfaitement la catégorisation d'unités appartenant au plan de contenu du langage verbal.

Passons à présent à l'analyse des sèmes macro-, microgénériques et spécifiques. En fait, lorsque cette analyse est effectuée sans le moindre égard pour le schéma, elle ne donne guère de résultat. Tout au plus permet-elle d'isoler la molécule sémique qui nous a déjà servi d'exemple : les sèmes /petitesse/ et /de forme ronde/ se retrouvent, ensemble ou séparément, dans seize sémèmes dont l'actualisation dans le corpus est massive (elle concerne 43 textes, soit 84% du corpus) ; ces sémèmes sont les suivants : « cellule », « molécule », « atome », « globule », « ovule », « antigène », « bactérie », « virus », « œuf », « ouistiti », « caillou », « maille », « tache », « points », « boules », « ovales ». On note observe également dans un nombre élevé de textes l'actualisation de sèmes spécifiques permettant d'opposer bon nombre de sémèmes par paires : /blanc/ vs /noir/, /malade/ vs /sain/, /sale/ vs /propre/, /en formation/ vs /formé/, /homogène/ vs /hétéroclite/, etc. La présence de ces paires de sèmes opposés montre que le corpus actualise plus d'une molécule sémique, mais il paraît impossible de réduire les molécules sémiques à un nombre significativement inférieur au nombre des sèmes spécifiques ainsi trouvés, ce qui rend déjà improbable une interprétation homogène de T ; en outre, ces sèmes spécifiques ne permettent pas de rendre compte de tous les sémèmes répertoriés ; la visée interprétative en est contrariée d'autant.

Pour ne pas rendre les armes aussitôt, on pourrait tenter d'appuyer l'analyse thématique sur l'analyse distributionnelle. En comptant le nombre des syntagmes nominaux contenu en chacun des 51 textes du corpus, on formule l'hypothèse selon laquelle le nombre de molécules sémiques utiles à l'interprétation serait égal au nombre moyen de ces syntagmes nominaux. Nous avons calculé que ce nombre moyen se situe entre 3 et 4 (la moyenne arithmétique est de 3,31). À partir de cette hypothèse, certains sèmes spécifiques récurrents peuvent être pris en compte afin de former d'autres molécules sémiques, dont l'actualisation reste toutefois minoritaire au sein des 51 textes du corpus.

On dégagera ainsi une molécule sémique « X », définie par deux sèmes spécifiques, /agent transformateur/ et /non défini/ (ce sème permettant de justifier le choix de sa désignation métalinguistique par la lettre désignant d'ordinaire une inconnue dans le système algébrique). Cette molécule ne concerne que 13 des 51 textes du corpus, soit 25% (voir tableau page suivante).

La molécule sémique est très peu stable, puisque seuls deux sémèmes actualisent les deux sèmes spécifiques, dont l'un par afférence. Quant au sème mésogénérique /biologie/, il n'est indiqué que pour témoigner de l'échec de son assignation : aucun domaine ne peut être dégagé concernant cette molécule sémique.

Une autre molécule sémique est un peu plus stable mais ne concerne, quant à elle, que 9 textes (moins de 18%). Elle est composée du sème macrogénérique /non comptable/ et des sèmes spécifiques /néfaste/ et /de couleur sombre/. Nous la désignons comme « molécule A ».

Molécule X :	/biologie/ (sème mésogén.)	/agent transformateur/ (sème spécifique.)	/non défini/ (sème spécifique.)
<i>le médicament</i> (n° 1)		x	
<i>antidote</i> (n° 2)		x	
<i>des éléments nécessaires</i> (n° 3)		(x)	x
? (n° 6)			x
<i>un produit (médicament)</i> (n° 15)		x	
<i>Cellules extérieures</i> (n° 17)	x	(x)	
<i>une substance</i> (n° 20)			x
<i>un remède</i> (n° 21)		x	
<i>les antigènes</i> (n° 22)	x	(x)	
<i>du savon</i> (n° 31)		x	
<i>un élément tiers</i> (n° 41)		(x)	x
<i>un élément</i> (n° 47)			x
<i>un composé</i> (n° 50)			x
Total : 13 occurrences	2	9	6

Tab. 3 : Constitution de la molécule X dans le corpus T³³

³³ Conventions : x : sème inhérent actualisé ; (x) : sème afférent. Les sèmes sont afférents par des prescriptions textuelles. Exemple : le sème /agent transformateur/ est assigné à « des éléments nécessaires » (texte n° 3) par catalyse : nécessaires à quoi ? à la création de cellules.

Molécule A :	/non comptable/ ³⁴ (sème macrogén.)	/néfaste/ (sème microgén.)	/de couleur sombre/ (sème microgén.)
<i>virus</i> (n° 1, 21)	x	x	
<i>poison</i> (n° 2)	x	x	
<i>les œufs noirs</i> (n° 12)			x
<i>[cellules] cancéreuses</i> (n° 20)		x	
<i>bactéries, virus, ...</i> (n° 22)	(x)	x	
<i>les cellules noires</i> (n° 23)			x
<i>tache</i> (n° 31)		x	x
<i>crasse</i> [?] (n° 51)	(x)	x	x
Total : 9 occurrences	5	6	4

Tab. 4 : Constitution de la molécule A dans le corpus T

Trois molécules sémiques ont ainsi été dégagées. Elles peuvent servir à rendre compte des acteurs de certains textes. Tel est le cas du texte n° 2, lequel compte, de fait, trois acteurs :

53. L'assainissement de cellules (1) par injection d'antidote (2) (formé à base du poison (3) présent au départ dans les cellules (1')).

Le syntagme 1 correspond à la molécule formée par les sèmes /petitesse/ et /de forme ronde/, le syntagme 2 à la molécule X et le syntagme 3 à la molécule A. On remarquera au passage que le comptage des syntagmes nominaux a réclamé, pour avoir quelque chance de servir au dénombrement des molécules sémiques, que soient systématiquement écartées les substantivations verbales (*assainissement*, *injection*) et qu'un syntagme nominal compte pour une unité quel que soit le nombre de ses occurrences dans un texte donné du corpus. Des amendements supplémentaires ont considérablement affecté ce comptage, eu égard à la variété des textes, impliquant toujours davantage l'analyse sémantique des lexèmes visés³⁵.

³⁴ On aurait pu dégager, à la place du sème /non comptable/, le sème /non aisément dissociable/ afin d'y indexer également *tache*. Si /non comptable/ est maintenu, c'est pour garder au sème un caractère macrogénérique conventionnellement acquis.

³⁵ Considérez par exemple le texte n° 5 :

5. Un groupe d'organismes vivants (1) (à gauche), mélangé avec un groupe gris (2). Les gris (2') s'annulent et il ne reste que des blancs (3) (à droite) !

où se pose, d'une part, le problème des syntagmes composés (*un groupe d'organismes vivants*) et, d'autre part, la nécessité de saturer les anaphores (la /pluralité/ étant assignable tant à *un groupe gris* qu'à *Les gris*, en dépit de marques morphologiques différentes, ce qui permet de les compter pour un seul syntagme nominal).

Les trois molécules sémiques établies par l'analyse thématique ne sauraient toutefois suffire à répondre de manière satisfaisante aux besoins de l'analyse dialectique des textes. Perdure en effet, à tout le moins, le problème signalé plus haut relatif aux paires de sèmes opposés, dont on peut s'attendre qu'elles permettent d'actualiser des acteurs distincts. Ainsi, même lorsque le texte ne compte que trois syntagmes nominaux utiles à la dialectique, l'analyse thématique ne peut pas toujours parvenir à faire coïncider ces syntagmes nominaux avec les trois molécules sémiques qui ont été dégagées. Cette non-coïncidence se présente, notamment, avec le texte n° 30 :

30. Un ensemble d'atomes différents (1) auxquels on ajoute un élément (2) donne un ensemble d'atomes identiques (3).

dans lequel, si *un élément* correspond à la molécule X, en revanche aucun des deux autres syntagmes ne correspond à la molécule A, ceux-ci demandant à être différenciés, du point de vue thématique, par la paire de sèmes opposés /différents/ vs /identiques/ de manière à permettre la construction de deux acteurs distincts, acteurs dont ne rendent pas compte les molécules sémiques enregistrées jusqu'ici.

Considérons pour finir un cas moins simple (et cependant conforme, du point de vue thématique, à la légende originale du schéma), le texte n° 1 :

1. C'est un organisme (1) se baladant avec un virus (2) (à gauche l'organisme (1') est composé de 4 cellules porteuses (3) du virus (2') = les points noirs (4)). Le médicament (5) agit sur l'organisme (1'') et élimine le virus (2'') (donc les points noirs (4')). A droite les points noirs (4'') ont disparu grâce au médicament (5''). L'organisme (1''') est en bonne santé (il est composé juste de points blancs (6)).

Ce texte offre, en toute apparence, la possibilité de constituer six acteurs. Les besoins de l'analyse dialectique permet toutefois de réviser ce nombre à la baisse. Les groupes sémiques mis en rapport par une connexion métalinguistique forment un acteur unique. Ainsi *le virus* et *les points noirs* forment-ils un seul acteur, et l'analyse thématique confirme qu'ils correspondent tous deux à la molécule A à travers leurs traits respectifs — /néfaste/ pour *virus* et /de couleur sombre/ pour *les points noirs*. Selon le même principe, il convient de rapporter à un seul acteur *l'organisme* et *points blancs*, réduisant ainsi le nombre des acteurs envisagés à quatre. Et, de ce nombre, il est permis de déduire encore une unité en jugeant négligeable, par comparaison avec l'analyse dialectique des autres textes, la dissimilation actantielle entre *4 cellules porteuses* et *le virus*. On aurait ainsi trois acteurs utiles à l'analyse dialectique : un acteur A manifestés par trois syntagmes nominaux : *4 cellules porteuses*, *le virus* et *les points noirs* ; un acteur X manifesté par *le médicament* ; enfin un acteur manifesté par les syntagmes *l'organisme* et *points blancs*. Or, tel n'est pas le nombre des cas à pourvoir,

et partant tel n'est pas le nombre minimal des acteurs de ce texte. Une légère anticipation sur les résultats de l'analyse dialectique permettra de le constater. Voici le lemme dialectique du texte n° 1³⁶ :

1. A est [ATT] une partie de AB. X [ERG] agit sur AB [ACC₁] et élimine A [ACC₂]. X [ERG] fait disparaître A [ACC₂]. <Il en résulte que> [RES] B : <A n'est plus [ATT NEG] une partie de AB>.

Soit en graphe :

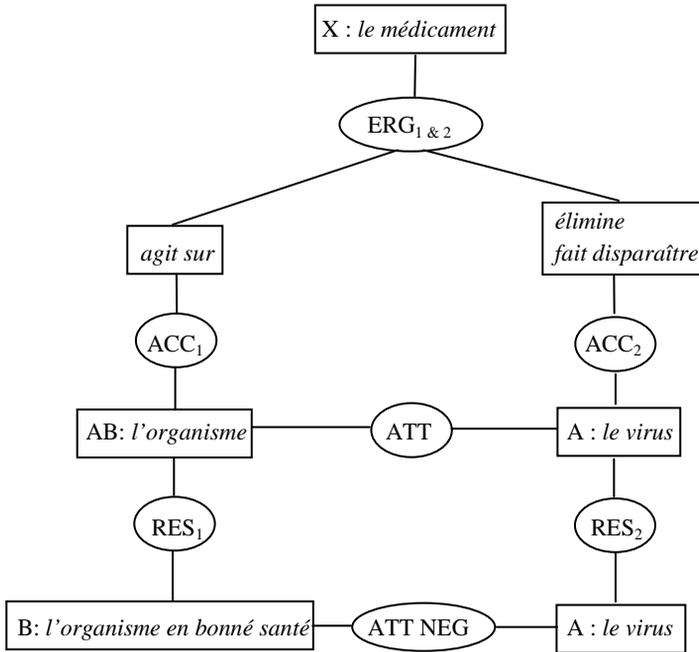


Fig. 2 : Graphe dialectique du texte n° 1

Le texte n° 1 engage donc quatre acteurs dans son déroulement dialectique : A et X, tels que leurs molécules sémiques avaient déjà pu être dégagées par l'analyse thématique, mais aussi les acteurs AB et B, qui dépendent tous deux, d'une part, de la molécule sémique contenant les traits /rotondité/ et /petitesse/ mais aussi, d'autre part, de la dissimilation sémantique sollicitée par les paires de sèmes opposés récurrentes dans le corpus, en dépit du fait que, dans le texte n° 1, un de ces sèmes seulement soit porté par une lexicalisation : /en bonne santé/.

³⁶ Conventions pour les cas : ATT — attributif, ERG — ergatif, ACC — accusatif, RES — résultatif, ATT NEG — attributif négatif.

L'analyse thématique aura donc échoué à produire les molécules sémiques utiles à la constitution des acteurs. Le détour par l'analyse distributionnelle n'y aura presque rien changé ; le nombre des syntagmes nominaux ne permet pas de déterminer le nombre des acteurs : souvent plus élevé, parfois plus bas (cf. la dissimilation actantielle de *organisme* et *organisme en bonne santé* dans le texte n° 1), dans tous les cas il n'offre aucune assurance que les molécules sémiques établies se retrouvent dans un nombre significatif de textes (cf. le cas du texte n° 30). En fait, seulement 9 textes (à peine 18% du corpus) manifestent trois acteurs (et seulement trois) correspondant aux molécules produites par l'analyse thématique ; il est d'ailleurs un moyen beaucoup plus facile de s'en apercevoir que celui qui a consisté à négocier, par de multiples ajustements, le nombre des syntagmes nominaux utiles à l'analyse dialectique — nous allons expliciter ce moyen dans un instant.

Nous présenterons auparavant un premier bilan. On ne saurait estimer que les résultats qui ont été obtenus à travers une analyse thématique soient utilisables pour une interprétation globale du corpus. Il aura pu même sembler fastidieux de lire le rapport d'une analyse qui échoue à produire quelque résultat tangible. Un tel échec, pourtant, sert une thèse et en contrarie une autre. Nous entendons bien sûr parler des thèses concernant le statut sémiotique de l'image. L'échec de l'analyse thématique montre que les textes du corpus T ne parviennent pas à donner de l'image I une description cohérente. Nous avons pourtant commencé par admettre que dans leur grande majorité ces textes donnent une interprétation de l'image I comme appartenant au discours scientifique, et qu'en cela ils se montrent conformes à l'attente qu'il était permis d'en avoir. Nous avons même repéré un nombre significatif de textes dans lesquels est configurée, à travers des marques métalinguistiques explicites, une légende susceptible de donner à lire la signification même du schéma. En cela encore la thèse d'une transparence de l'image pouvait recevoir quelque crédibilité. Cette thèse est à présent sérieusement ébranlée. Les textes de T témoignent en effet une grande instabilité dans la reconnaissance des groupes ovoïdes du schéma. Indépendamment même du domaine de référence, dont la reconnaissance est au demeurant le trait sémantique le mieux attesté dans le corpus, le dénombrement et la différenciation des formes visuelles ont présenté des difficultés majeures à la description métalinguistique.

Fonction métalinguistique de l'image

Il importe de comprendre ce qui au juste a fait obstacle à l'uniformisation de la description. Si les formes visuelles avaient été floues ou particulièrement complexes, difficiles à dissocier et à distinguer les unes des autres, il aurait été possible d'expliquer le manque de cohérence des réponses par des caractéristiques spécifiques au système d'expression de l'image. Mais, en toute apparence, ce n'est pas là que réside la difficulté.

Serait-ce alors dans le contenu de l'image ? Et ce contenu relèverait-il d'un système propre à l'image ? C'est ce que nous allons à présent chercher à montrer positivement, après l'avoir indiqué par la négative en inférant de ce bilan la faiblesse de la thèse adverse.

Pour savoir combien d'acteurs sont actualisés dans chacun des textes t , il est, avons-nous annoncé, un moyen bien simple : il suffit de l'interpréter à partir de l'image. Qu'est-ce à dire ? Cela signifie que I peut jouer un rôle métalinguistique³⁷ vis-à-vis de chaque texte t : l'image permet d'analyser et de répertorier les unités actantielles des textes, beaucoup plus sûrement que ne le fait leur analyse interne. Devant chaque texte t , on pourrait ainsi donner I comme explicitation et description de son contenu : — Voulez-vous savoir de quoi parle ce texte t_i ? voici une image qui vous le montre. Voulez-vous savoir de quoi parle tel autre texte t_j ? la même image vous le montrera également. Le rapport entre le texte et l'image s'inverse : dans le questionnaire qui a servi à l'expérience, c'est au texte qu'il revenait de décrire le contenu de l'image ; dans l'analyse qui est faite de ce texte, c'est au contraire à l'image qu'on délègue le moyen de décrire correctement le contenu du texte. Nous reviendrons dans nos conclusions sur l'incongruité apparente — seulement apparente, en réalité — qui consiste à établir un double rapport métalinguistique entre texte et image. Servons-nous, pour le moment, de ce rapport pour éclairer l'analyse du corpus T.

À partir de I, on voit très bien que l'instabilité actantielle présente dans T dépend d'une double fluctuation descriptive : fluctuation du nombre des éléments visuels discrétisés et fluctuation de ces éléments eux-mêmes. Ainsi, d'une part, les textes procèdent à la description de l'image tantôt par bipartition, tantôt par tripartition, moins souvent par quadripartition ou sans la moindre partition, exceptionnellement par une partition en cinq éléments. D'autre part, en ne considérant par exemple que les cas de tripartition, ce ne sont pas toujours les mêmes éléments visuels qui sont discrétisés ; tantôt il s'agit des trois groupes situés aux extrémités des flèches, tantôt deux de ces groupes seulement sont désignés, à quoi s'ajoute, distinctement du groupe

³⁷ Qu'on entende bien que l'image est métalinguistique en tant qu'elle a pour contenu un langage. Cela n'entraîne pas automatiquement, ainsi qu'on l'a déjà fait remarquer, qu'elle relève elle-même d'un langage — c'est d'ailleurs précisément cela que l'on cherche à vérifier. Un mot aussi sur la terminologie : *langage* et *sémiotique* sont deux termes entrant en concurrence. Nous héritons d'un usage qui tend à les distinguer, quoique imparfaitement, selon un axe opposant l'objet (le *langage*) à la discipline qui l'étudie (la *sémiotique*), mais nous dérogeons, toujours selon l'usage, à cette répartition quand nous parlons de *polysémiotique* et d'*intersémiotique* (les termes *polylangagier* et *interlangagier* n'étant pas employés en sémiotique). *Métalinguistique*, du reste, est un terme impropre ; on dirait mieux *métalangagier* ; ou bien il faudrait entériner le système que Hjelmslev s'est finalement résolu à adopter (dans le *Résumé of a theory of language*), qui consiste à remplacer *langage* par *sémiotique* dans tous les usages techniques de ce concept ainsi que dans tous ses dérivés terminologiques (dont *métasémiotique*).

dans lequel elles sont comprises, en bas à gauche, les formes ovoïdes noires à noyau blanc.

Convenons de désigner par les lettres « AB » le groupe de gauche, « X » le groupe du haut, « B » le groupe de droite et de désigner par « A » les 4 ovoïdes noirs de gauche. Au vu de l'image, le choix de ces dénominations métalinguistiques s'éclaire tout seul³⁸. On peut alors dresser le tableau des répartitions actantielles retenues dans les 51 textes du corpus T, en précisant à chaque fois si le texte a un contenu référentiel (« R ») ou métalinguistique³⁹ (« M », « M? » s'il s'agit d'un cas douteux).

Le tableau (page suivante) laisse voir la grande diffusion des partitions opérées par les descriptions textuelles. Pas moins de 12 types différents de partitions sont proposés dans le corpus T, outre le cas, non négligeable (5 textes sont concernés) où l'on renonce à toute analyse de l'image en termes actantiels. Sans doute la tripartition emporte-t-elle plus de la moitié des décisions descriptives, mais il n'est pas possible de dégager une interprétation homogène de ces 28 textes puisque le mode de cette tripartition varie encore selon les cas. En fait, seulement un tiers des textes est conforme au modèle d'une tripartition selon la position spatiale des éléments visuels ; autrement dit, un tiers des textes a pu conduire, sur ce point, une analyse de l'image en tant que pure expression.

On peut certes ajouter à ce tiers les deux textes où s'opère une analyse exhaustive en cinq éléments, B trouvant alors à se manifester deux fois, une première fois en AB (dans le groupe de gauche) et une seconde de façon isolée (c'est le groupe de droite). Le texte n° 11 s'en tient toutefois à une description strictement métalinguistique. Quant au texte n° 35, il n'illustre ce type de partition qu'à condition de déroger à la règle consistant à ne pas assigner de rôles actantiels à des substantivations verbales, règle dont la validité se vérifie dans les autres textes⁴⁰ ; ici, donc, on a supposé, suivant un principe de charité interprétative, que 2. *fécondations* et 3. *fécondations* [+ « enlevage » des mauvais ovules] pouvaient valoir, respectivement, pour AB et pour B₂.

³⁸ Y compris le « X » du groupe de haut, dont les formes, étant plus conformes à un type géométrique, sont moins facilement interprétables en termes référentiels.

³⁹ Hormis quatre cas (n° 4, 8, 16, 17) non mentionnés dans ce tableau où la connexion métalinguistique se fait uniquement par une formule introductive.

⁴⁰ Signalons un autre cas de dérogation à ladite règle : *réaction* (texte n° 41) vaut en fait pour l'objet de cette réaction, c'est-à-dire pour AB. Cette dérogation est bénigne car elle peut se justifier d'une confusion lexicale largement répandue dans le discours de la chimie.

Le statut sémiotique de l'image

0. sans partition		R : n° 8, 32, 34, 36, 37	5	T O T A L : 51
bipartitions	1. bipartition AB – B	R : n° 4, 13, 16, 33	4	
	2. bipartition AB – X	R : n° 14, 15, 25, 42, 51	5	
	3. bipartition A – X	R : n° 43	1	
	4. bipartition AB – A	R : n° 24	1	
tripartitions	5. tripartition AB – B – X	R : n° 12, 30, 48, 50 M : n° 7, 18 R + M : n° 3, 9, 10, 19, 29, 38, 39, 44, 47 R + M? : n° 23, 40	17	
	6. tripartition AB – A – X	R : n° 2, 17, 20, 22, 41 R + M : n° 26, 31, 49 R + M? : n° 28	9	
	7. tripartition A – B – X	R + M : n° 45	1	
	8. tripartition AB – A – B	R + M : n° 5	1	
quadripartitions	9. quadripartition AB – A – X – B	R : n° 21 M : n° 46 R + M : n° 1	3	
	10. quadripartition A – X – B ₁ – B ₂	R + M? : n° 6	1	
	11. quadripartition AB – X – B ₁ – B ₂	R + M? : n° 27	1	
12. partition à 5 éléments AB – A – X – B ₁ – B ₂		M : n° 11 R + M : n° 35	2	

Tab. 5 : Partitions visuelles dans le corpus T

Cette dernière observation nous entraîne à en faire une autre, de plus de poids. L'image ne permet pas seulement de compléter l'analyse interne du texte. Elle la rectifie par endroits, remplissant en cela de façon concluante sa fonction métalinguistique. Du point de vue d'une analyse interne, il n'y a en effet aucune raison d'envisager que *fécondations* puisse faire partie des

syntagmes nominaux à fonction actantielle. C'est seulement via l'image qu'on considère, par inférence à l'assignation de *1. ovules* au groupe du haut, que les syntagmes *2. fécondations* et *3. fécondations*, quand bien même ils sont formés par des substantivations verbales, peuvent être assignés aux deux autres groupes visuels. Un autre type d'« erreur » a été commise dans l'analyse thématique quand on confronte celle-ci à l'image. Dans le texte n° 23, *les cellules noires* a pu être assigné, en fonction du sème /de couleur sombre/ à la molécule A. L'image indique clairement qu'en réalité ce syntagme participe à la constitution de l'acteur X, et non à celle de l'acteur A. L'erreur d'attribution est non moins évidente : l'acteur X est lui aussi, selon l'image, de couleur sombre ; la confusion entre les deux acteurs est donc justifiable. Or il se fait que le corpus T garde très rarement trace de ce sème en ce qui concerne l'acteur X⁴¹, ce qui explique qu'il n'ait pas été intégré à sa molécule sémique.

On remarquera enfin que la distribution des textes selon le type de partition visuelle montre une caractéristique intéressante. Les textes qui ont procédé par bipartition ou qui n'ont pas partitionné l'image produisent tous une impression strictement référentielle. Dans les textes à tripartition et degrés supérieurs, au contraire, les textes à teneur métalinguistique, en connexion ou non avec un domaine référentiel, sont majoritaires. De cette observation on déduira, certes, que certains textes sont plus analytiques que d'autres. Mais cela montre surtout que, lorsque les textes sont analytiques, ils ont tendance à produire l'analcité de l'image même — à la produire, dans la généralité de la fonction métalinguistique que nous pouvons lui assigner dans notre propre analyse, et non à la reproduire, car ce caractère analytique ne se donne pas simplement en sa structure expressive.

Il est temps de détailler les contenus spécifiquement visuels de I tels qu'ils peuvent être dégagés de la confrontation avec T. Nous en discernons au moins trois.

- Dans une même unité perceptive⁴², l'image présente, intriqués l'un dans l'autre, un contenu spatial et un contenu temporel : AB et X sont deux entités auxquelles sont attribuées des existences distinctes dans un même espace (fût-il l'espace abstrait d'un protocole d'expérience) ; en revanche, entre AB et B le rapport est strictement temporel ; AB et B ne peuvent coexister dans le même espace.
- En ce qui concerne le contenu temporel et les rapports logiques qu'il induit entre les entités, l'image présente une entité — B — qui se signifie vis-à-vis d'une autre — AB — à la fois comme semblable et

⁴¹ Hormis le cas mentionné, on ne compte que trois autres occurrences (n° 5, 6, 7) du sème /de couleur sombre/, et encore : deux de ces occurrences sont métalinguistiques.

⁴² Jacques Bertin définit l'image comme « forme *significative* perceptible dans l'instant minimum de vision » (Bertin 1967 : 142). La question du caractère unitaire de l'image — de ce qui fait qu'on se trouve ou non devant *une* image — importe évidemment beaucoup pour l'analyse de son contenu.

comme dissemblable. Le même et l'autre peuvent être contenus dans une seule entité visuelle.

- En ce qui concerne le contenu spatial et les rapports logiques qu'il induit entre les entités, l'image présente des entités qui sont à la fois unitaires et plurielles. Elle présente en particulier une entité — A — dont l'unité est diffuse, disséminée dans AB. Le groupe et l'élément peuvent ainsi être signifiés dans une même entité visuelle.

En affirmant que ces contenus sont spécifiques au langage visuel, nous n'entendons évidemment pas les considérer comme indicibles. La possibilité de les expliciter dans le langage verbal est du reste avérée par les trois paragraphes précédents. Mais, pour les affirmer comme spécifiques au langage visuel, il n'en faut pas tant. Il suffit de constater que ces contenus ne peuvent pas être dits *de la même manière* que dans le langage verbal ; il suffit que dans l'échange des expressions, là graphiques ici verbales, quelque chose se soit perdu et se soit déformé. Autrement dit, nous avons à reconnaître une situation polysémiotique authentique. La réponse à notre question initiale est une conséquence immédiate de ce caractère polysémiotique reconnu. S'il y a une situation polysémiotique entre un texte T et une image I, alors l'image dépend d'une sémiotique pourvue d'un plan d'expression et d'un plan de contenu. Ce qui nous fait constater que les contenus visuels ne peuvent pas être dits de la même manière dans le langage verbal mais qu'ils s'y trouvent au contraire déformés n'est rien d'autre que le tableau de dispersion des acteurs de I dans T.

Pour clore ce point d'analyse par quelques exemples saisissants :

- on remarque que la tension entre deux qualités visuelles concomitantes — diffusion dans un groupe englobant et identité contrastée — a laissé parmi les textes du corpus le choix entre deux types de désignation de A, l'une particularisante et non dénombrable (*virus, poison, tache...*), l'autre généralisante et dénombrable (*cellules, cellules malades, ensemble d'atomes différents...*) ;
- la tension entre deux propriétés visuelles — similarité des contours et dissemblance des traits internes⁴³ — permettant de comparer AB et B a laissé dans le corpus un choix entre deux qualifications verbales de B, l'une accentuant la différence globale (*un nouveau composé, un type autre*), l'autre la ressemblance locale (*les cellules de nature identique, un groupe homogène de cellules blanches, un groupement parfaitement homologue*) ;
- l'articulation d'un contenu temporel avec un contenu spatial a conduit beaucoup d'élèves à enfreindre la consigne leur enjoignant de formuler leur réponse en *une* phrase ; le choix se pose en effet entre

⁴³ Soit, selon la terminologie adoptée par le Groupe μ , une tension entre deux vecteurs de typification : par superordination des traits dans une forme globale, ou par identité de certains traits subordonnés à une forme quelconque (cf. Groupe μ 1992, pp. 290).

descriptions d'état (dans l'espace) et narrations ou descriptions de processus (dans le temps). L'analyse distributionnelle indique la difficulté de ce choix :

une phrase prédicative	une phrase nominale	plusieurs phrases prédicatives	plusieurs phrases nominales	phrases nominale et prédicative
25	5	17	2	2

Tab. 6 : Types et nombres de phrases dans le corpus T

Composante dialectique

La composante dialectique consiste à dégager les acteurs d'un texte donné ainsi que les rôles qui leur sont attribués. Elle y parvient d'habitude en rapportant à des molécules sémiques des traits casuels récurrents (équivalant grosso modo, sur un plan de contenu bien cerné, aux fonctions grammaticales traditionnelles). Dans le cadre de la présente étude, la régularité attendue est à établir par la comparaison des 51 textes du corpus T. Or l'analyse thématique n'a pas permis, sur ce corpus, de dégager suffisamment de molécules sémiques pour l'analyse dialectique. On prendra alors appui, pour effectuer celle-ci, sur l'analyse métalinguistique proposée par I : il s'agit en effet de tester les rôles dialectiques sur des acteurs discrétisés par le moyen de l'image.

Les traits casuels manifestés dans le corpus sont ceux qui ont été mentionnés à l'occasion de l'analyse du texte n° 1 : ergatif (ERG), accusatif (ACC), instrumental (INSTR), résultatif (RES), à quoi vient s'ajouter le datif (DAT). On convient d'appeler un cas régulièrement attribué au même acteur visuel un *rôle*, et l'acteur visuel se verra confirmé dans son statut d'acteur par le rôle que l'analyse dialectique permet de lui attribuer. Un enchaînement de rôles et de fonctions particuliers constitue une *version*. Trois versions récurrentes ont été dégagées du corpus, qu'on convient de distinguer les unes des autres suivant les acteurs ergatifs. Pour rappel, les symboles AB, X et B désignent les acteurs visuels situés, respectivement, en bas à gauche, en haut et en bas à droite. Nous présentons ci-contre ces versions sous forme de graphes.

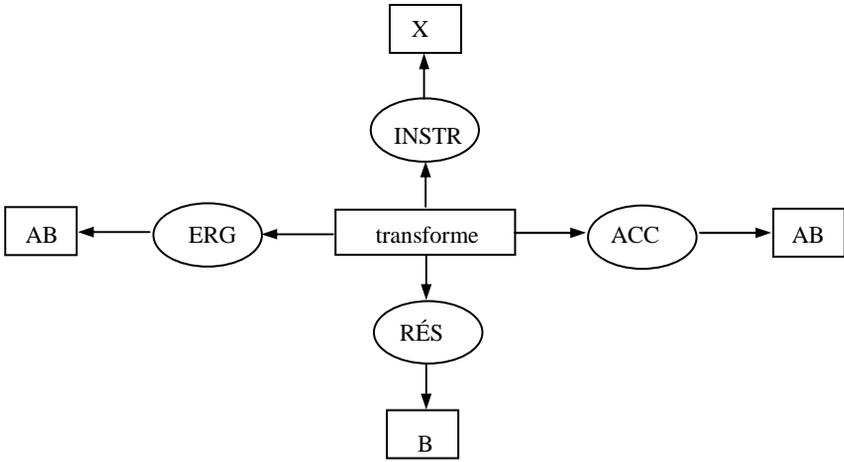


Fig. 3 : Graphe dialectique de la Version AB

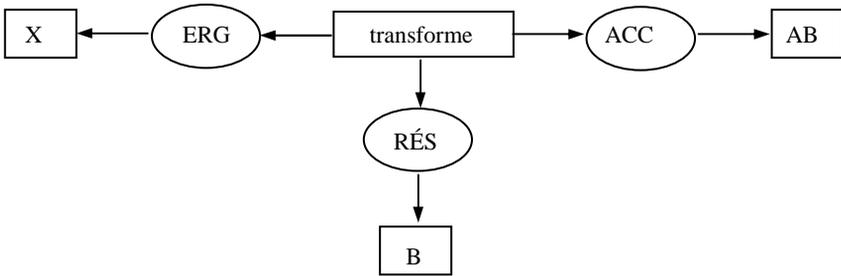


Fig. 4 : Graphe dialectique de la Version X

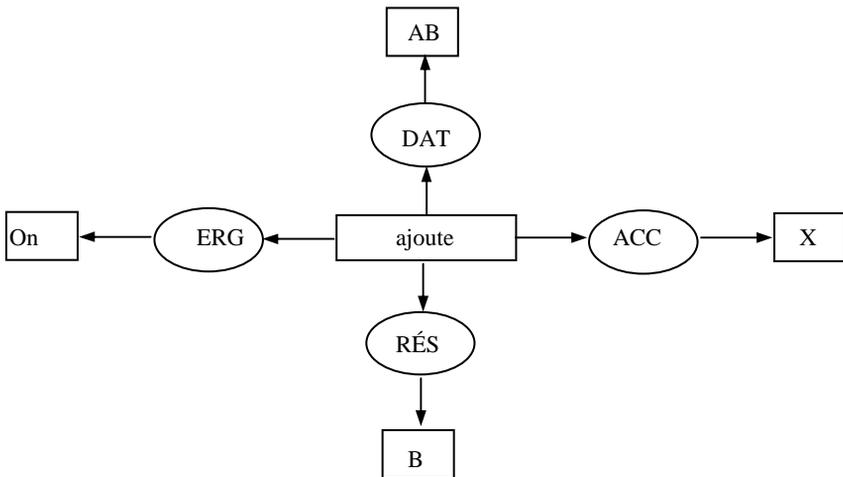


Fig. 5 : Graphe dialectique de la Version On

La version AB (groupe de gauche en rôle ergatif) utilise les trois acteurs visuels mentionnés, mais elle dédouble le rôle accordé à l'un d'eux. Ce dédoublement est souvent exprimé par l'emploi d'un verbe réfléchi, comme c'est le cas du texte n° 3 :

3. [...] Les cellules ① pour se créer reçoivent des éléments nécessaires ②. Les cellules ③ sont les cellules formées.

La version X (groupe du haut en rôle ergatif) est la plus simple : trois acteurs, auxquels correspondent trois rôles. Par exemple :

29. L'action de substances (médicaments) sur des cellules « malades » (à gauche) pour les soigner et on retrouve des cellules saines (à droite).

Toutefois, ce n'est pas celle qui remporte le plus de suffrages. La version la plus manifestée dans le corpus est celle qui emploie, en plus des trois acteurs visuels, un acteur qui ne correspond à aucun élément manifesté dans l'image, à savoir un agent humain. Cet agent humain, dans nombre des textes concernés, est exprimé par le pronom personnel *on*. Le texte n° 30 en est un exemple :

30. Un ensemble d'atomes différents auxquels on ajoute un élément donne un ensemble d'atomes identiques.

Il arrive que cet agent humain doive être assigné par catalyse, notamment dans les phrases nominales. C'est à quoi aboutit l'analyse⁴⁴ du texte n° 23 :

23. L'addition des cellules noires au groupe hétéroclite donne un groupe homogène de cellules blanches.

Ces versions « canoniques » ont été déduites à partir de l'analyse de 41 textes du corpus. Un texte — le n° 26 — a été écarté d'office en raison des moyens d'expression non textuels utilisés. Deux autres textes, quoique présentant des cas ergatifs, s'avèrent inassimilables aux versions établies. Et sept autres présentent exclusivement des descriptions d'états. Leur analyse dialectique ne dégage donc que des cas attributifs (ATT) dont la portée actantielle est mince, peu interprétable, même s'il arrive que ce qui est décrit inclue un état processuel (n° 32 : *un métissage* ; n° 36 : *la fécondation des ouistitis*) ou des objets différenciés par un processus (n° 16 : *des œufs de*

⁴⁴ Un mot de justification sur cette analyse : on ne saurait considérer que l'action d'additionner soit attribuable à un des acteurs manifestés dans l'image. Il en serait ainsi même si la phrase avait utilisé un verbe réfléchi (**les cellules noires s'additionnent au groupe hétéroclite*). L'addition, au sens ici d'adjonction, d'un objet A à un objet B est une action qui suppose un tiers actant moteur.

grenouille, pondus et ensuite fécondés). Néanmoins, ces textes se sont conformés à la demande contenue dans le questionnaire ; il importe donc d'en tenir compte.

Parmi les textes exploitables pour la constitution des versions, certains présentent des versions incomplètes : au moins un rôle de la version canonique n'y est pas attribuable et son acteur ne peut être catalysé. D'autres présentent des alternatives à l'une ou l'autre des versions canoniques : au moins un acteur visuel occupe un rôle autre que celui qu'il occupe dans une des trois versions canoniques. Enfin, il faut noter que deux textes présentent une dialectique équivoque qui les rend indexables sur deux versions différentes ; et qu'en outre trois textes présentent une dialectique complexe qui rend une de leurs parties indexable sur une version et une autre partie sur une autre version. En définitive, il y a eu 45 indexations à répartir sur les trois versions. Ces caractéristiques inhérentes au corpus ayant été expliquées, nous pouvons présenter le tableau de répartition des textes selon les versions — canoniques, incomplètes ou alternatives — et les autres cas de figure mentionnés⁴⁵.

⁴⁵ Eu égard aux caractéristiques du corpus, le lecteur sera peut-être intéressé à voir de près l'analyse dialectique effectuée. Par économie de place, nous présentons l'analyse de chaque texte sous forme de lemme, celui-ci étant précédé, en lettres grasses et entre crochets, de la mention de la version qu'il contribue à établir. Conventions symboliques : Version incomplète : [**inc**]. Version alternative : [**alt**]. Lemme non assimilable : [**N.A.**]. Description d'état : [**D.E.**]. Entre parenthèses : actants et traits casuels pouvant, sans déroger à une version, ne pas être pris en compte. Entre soufflets : actants et traits casuels ajoutés par catalyse.

1. [**X**] : (A est [ATT] une partie de AB). X [ERG] agit sur AB [ACC] (et élimine A [ACC']). (X [ERG] fait disparaître A [ACC']). <Il en résulte que> B [RES] (: <A n'est plus [ATT NEG] une partie de AB>).
2. [**On**] : (X est un dérivé [ATT] de A). <On> [ERG] injecte X [ACC] dans AB [DAT] qui, de ce fait, s'assainit <et devient B> [RES].
3. [**AB**] : AB [ERG] crée AB [ACC] en recevant X [INSTR] et forme B [RES].
4. [**On alt**] : On [ERG] analyse AB [ACC]. (AB est [ATT] l'état initial) et B [RES] (: est [ATT] l'état final).
5. [**On**] : <On> [ERG] mélange X [ACC] à AB [DAT]. (A [ERG] annule A [ACC]) et il ne reste que B [RES].
6. [**X alt**] : (B₁ est [ATT] sain, A est [ATT] malade ; A et B sont [ATT] partie de AB). X [ERG] élimine A [ACC] et il en résulte B₍₂₎.
7. [**X**] : X [ERG] provoque un changement de AB [ACC] en B [RES].
8. [**D. E.**] : AB, X, B sont [ATT] des espèces de molécules.
9. [**N.A.**] : AB [ERG₁] et B [ERG₂] s'opposent à B [ACC₁] et AB [ACC₂]. AB [ERG₁] veut abattre B [ACC₁]. Une partie de X [ATT] est lâche et [ERG₃] rejoint AB [ACC₂]. Le reste de B [ERG₄] tente d'arrêter [AB [ERG₁] et B [ERG₂] s'opposent à B [ACC₁] et AB [ACC₂] ACC_X].
10. [**On alt**] : <On> [ERG] associe AB [ACC₁] et X [ACC₂], d'où B [RES]. Ou [**AB alt**] : AB [ERG] associe à AB [DAT] à X [ACC], d'où B [RES].
11. [**AB**] : AB [ERG] réagit <sur AB> [ACC] avec X [INSTR] et donne B [RES].

12. [**X alt** + **N.A.**] : X [ERG₁] écrase X [ACC₁] pour faire B [RES]. AB [ERG₂] rejoint B [ACC₂], B [ERG₃] cachant A [ACC₃].
13. [**On alt**] : <On> [ERG] lave AB [ACC] pour que B [RES]. **Ou [X]** : X [ERG] lave AB [ACC] afin que B [RES].
14. [**X inc**] : X [ERG] infecte AB [ACC]. (X [ERG] ajoute X [ACC] à AB [DAT]).
15. [**On**] : On [ERG] ajoute X [ACC] à AB [DAT] et <il en résulte> B (: X [ERG] purifie AB [ACC]).
16. [**D.E.**] : AB est [ATT] pondu. B est [ATT] fécondé.
17. [**X**] : X [ERG] intervient sur AB [ACC] (AB est [ATT] malade puisque A est [ATT] noir). Le résultat aboutit à B [RES].
18. [**AB**] : AB [ERG] <transforme AB> [ACC] avec un apport de X [INST] et devient B [RES].
19. [**AB**] : (<AB n'est pas [ATT] homogène>). AB [ERG] <transforme AB> [ACC] grâce à X [INST] et devient B [RES] (: B est [ATT] homogène).
20. [**On inc**] : (A est une partie [ATT] de AB). <On> [ERG] ajoute X [ACC] <à AB> [DAT]. (<...> supprime A).
21. [**On**] : (A est [ATT] un virus et est [ATT] une partie de AB). On [ERG] introduit X [ACC] <dans AB> [DAT]. <Il en résulte> B [RES] (: <A n'est plus [ATT NEG] une partie de AB>).
22. [**X inc**] : X [ERG] purifie AB [ACC].
23. [**On**] : <On> [ERG] ajoute X [ACC] à AB [DAT], il en résulte B [RES].
24. [**On alt**] : (A est une partie [ATT] de AB). <On> neutralise A [ACC]. <Il en résulte> B [RES] (: A n'est plus une partie [ATT NEG] de AB).
25. [**X inc** + **AB alt**] : X [ERG₁] tombe sur AB [ACC₁]. AB [ERG₂] assimile X [ACC₂] et supprime X [ACC₂].
26. [**Non applicable**]
27. [**X alt**] : X [ERG] fusionne avec A [ACC] pour donner AB [RES₁] pour donner B [RES₂].
28. [**N.A.**] : (A est [ATT] minoritaire dans AB). <...> [ERG₁] exclut A [ACC] de AB [DAT] ou X [ERG₂] prend A [ACC]. A [RES₁] et B [RES₂] sont [ATT] séparés.
29. [**X**] : X [ERG] agit sur AB [ACC] (pour soigner AB [FIN]) et on retrouve B [RES].
30. [**On**] : On [ERG] ajoute X [ACC] à AB [DAT] <de sorte que> B [RES].
31. [**X**] : (A est [ATT] une partie de AB). X [ERG] agit <sur AB> [ACC]. <Il en résulte que> B (: A n'est plus [ATT NEG] une partie de AB).
32. [**D.E.**] : AB, X, B sont [ATT] un métissage.
33. [**D.E.**] : AB est [ATT] affecté. est [ATT] sain (: AB <n'est plus [ATT NEG] affecté>).
34. [**D.E.**] : AB, X, B sont [ATT] des œufs de poissons.
35. [**X inc** + **On alt**] : (A n'est pas [ATT NEG] fécondé. B est [ATT] fécondé). X [ERG₁] <féconde> AB [ACC₁]. On [ERG₂] enlève A [ACC₂].
36. [**D.E.**] : AB, X, B sont [ATT] la fécondation des ouistitis
37. [**D.E.**] : AB, X, B sont [ATT] la fécondation des œufs de poissons, têtards, ...
38. [**On**] : (AB est [ATT] malade). On [ERG] injecte X [ACC] <à AB> [DAT] et paf B [RES] (: AB n'est plus [ATT NEG] malade).
39. [**On alt**] : On [ERG] combine AB [ACC₁] et X [ACC₂] et il en résulte B [RES].
40. [**X**] : (AB est [ATT] différent). X [ERG] vient changer AB [ACC]. <Il en résulte que> B (: AB n'est plus [ATT NEG] différent).
41. [**On**] : On [ERG] rajoute X [ACC] dans AB [DAT] <de sorte que> B [RES].
42. [**On**] : On [ERG] rajoute X [ACC] dans AB [DAT] <de sorte que> B [RES].

Le statut sémiotique de l'image

Version AB	N° 3, 11, 18, 19	4	7
Version AB incomplète	–	0	
Alternatives AB	N° 10, 25, 49	3	
Version X	N° 1, 7, 13, 17, 29, 31, 40, 43, 46	9	16
Version X incomplète	N° 14, 22, 25, 35	4	
Alternatives X	N° 6, 12, 27	3	
Version On	n° 2, 5, 15, 21, 23, 30, 38, 41, 42, 44, 47, 48, 50	13	22
Version On incomplète	N° 20	1	
Alternatives On	N° 4, 10, 13, 24, 35, 39, 45, 51	8	
Non assimilable	N° 9, 12, 28	3	
Description d'état(s)	N° 8, 16, 32, 33, 34, 36, 37	7	

Tab. 7 : Répartition dialectique dans le corpus T

Nous commenterons ces résultats en deux temps, ainsi que nous avons procédé avec les partitions visuelles (Tab. 5) : nous relèverons d'abord, dans le contexte qui est le nôtre, à savoir une enquête sur le rapport entre texte et image, les points saillants de l'analyse dialectique de T pour passer ensuite à l'interprétation proprement dite.

-
43. **[X]** : (X [ERG] a contaminé AB [ACC]). X [ERG] guérit AB [ACC]. <B [RES] (: AB n'est plus [ATT NEG] contaminé)>.
44. **[On]** : On [ERG] ajoute X [ACC] à AB [DAT] <de sorte que> B [RES].
45. **[On alt]** : <On> [ERG] mélange AB [ACC] à X [DAT]. <Il en résulte> B [RES].
46. **[X]** : X [ERG] rencontre AB [ACC]. Cela débouche sur B [RES].
47. **[On]** : On [ERG] ajoute X [ACC] à AB [DAT] afin que B [RES].
48. **[On]** : On [ERG] ajoute X [ACC] à AB [DAT] <de sorte que> B [RES].
49. **[AB alt]** : AB [ERG] rencontre X [ACC]. <Il en résulte que> B.
50. **[On]** : On [ERG] rajoute X [ACC] à AB [DAT] <de sorte que> B [RES].
51. **[On alt.]** : (AB est [ATT] formé.) <On> [ERG] a mélangé AB [ACC] à A? [DAT] puis nettoyé AB.

L'analyse montre qu'à travers leur dialectique les textes sont, pour une très large part d'entre eux, comparables entre eux, seulement 3 textes du corpus étant inassimilables aux autres. Cette conformité interne laisse supposer la présence d'un modèle de conformité et, puisque dans notre expérience il existe bien une image censée jouer ce rôle, on peut à nouveau en déduire que l'image n'est pas totalement opaque.

La disparité constatée dans les partitions visuelles opérées par les 51 textes a pu être réduite, à la fois sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif. D'un point de vue quantitatif, l'analyse dialectique montre en effet que, sur les 45 cas d'indexation, 26 interpellent trois acteurs auxquels il est possible d'attribuer des rôles récurrents, soit une cohérence de 58% (elle était tout au plus de 33% au terme de l'analyse thématique). D'un point de vue qualitatif, l'analyse dialectique aura substitué à *douze* types différents de partitions visuelles un nombre modique de *trois* versions. L'analyse dialectique aura donc permis d'établir une régularité plus grande entre les textes, quitte à en écarter une dizaine préalablement. Elle parvient même à dégager une invariante. Il s'agit du rôle attribué à B : B est dans tous les textes indexables l'objet résultat du processus décrit. Et la distribution de rôles distincts aux deux autres acteurs n'empêchent pas la comparaison des versions établies.

	ERG	ACC	INSTR	DAT	RES
version AB	AB	AB	X		B
version X	X	AB			B
version On	On	X		AB	B

Tab. 8 : Comparaison actancielle

On remarque en outre que la réduction dialectique des partitions visuelles à trois acteurs constants AB – B – X implique que l'acteur visuel A (les quatre ovoïdes noirs dans le groupe de gauche) ne tient pas de rôle essentiel, bien qu'il soit conforté par un établissement thématique (sur base de seulement huit textes, il est vrai). De fait, son rôle est souvent redondant par rapport au rôle dévolu à AB, comme en témoigne le texte n° 1 déjà cité. Quand il ne l'est pas, il constitue une source de description alternative au regard d'une des versions canoniques. Les textes concernés présentent alors parfois un dysfonctionnement grammatical, tel le texte n° 27 où deux propositions subordonnées (résultatatives) sont concaténées, en dépit de l'exactitude avec laquelle il s'adonne à la fonction métalinguistique :

27. Ce sont des cellules grises qui ont fusionné avec un groupe de cellules blanches à noyau pour donner un groupe de cellules blanches à noyau avec

Le statut sémiotique de l'image

des cellules grises à noyau blanc pour donner un ensemble de cellules blanches à noyau gris dans un vide gris clair.

Bien sûr, la présence de l'acteur A n'est pas l'unique motif d'écart vis-à-vis des versions canoniques. Un autre motif à connaître une certaine récurrence consiste en l'absence de sème d'orientation dans les fonctions processuelles, telles les actions d'association (n° 10), de combinaison (n° 39) ou de rencontre (n° 49).

Quelle portée ces observations relatives aux résultats de l'analyse dialectique ont-elles sur notre interrogation quant au statut sémiotique de l'image ? Premièrement, elles accentuent les résultats de l'analyse thématique : l'hétérogénéité descriptive de T, quand même elle a pu être réduite par l'analyse dialectique, n'en est pas pour autant neutralisée. Au contraire, en trouvant à s'établir sur trois versions irréductibles et cependant récurrentes, cette hétérogénéité se voit confortée dans son statut de vecteur polysémiotique. Aussi l'analyse dialectique permet-elle de confirmer les résultats de l'analyse thématique : le corpus T témoigne du statut sémiotique de I en ce qu'il manifeste une hétérogénéité non accidentelle dans ses descriptions.

Reste alors à se demander sur quels éléments spécifiques à la sémiotique visuelle a reposé cette hétérogénéité métalinguistique. Les points de comparaison établis entre les trois versions textuelles les indiquent aisément. Ce sont les flèches, avec leur mode de combinaison, qui sont ici principalement en cause.

Dans un premier cas de figure, la combinaison des flèches a prévalu sur les flèches elles-mêmes, quelquefois même sur les acteurs, de sorte que le texte assigne à l'image une signification d'ensemble. Les textes manifestant des descriptions d'état forment les illustrations les plus nettes de ce cas de figure. De telles descriptions se rencontrent sans doute dans le discours scientifique, et en tout cas dans la vulgarisation scientifique, mais non en guise de légende pour des schémas. Elles conviennent plutôt aux légendes des photographies (et autres modes figuratifs). Aussi peuvent-elles nous renvoyer à l'interprétation d'un rapport différencié entre texte et image selon les genres et les pratiques d'images.

Le second cas a été évoqué plus haut : les flèches sont prises en considération dans la description du processus mais leur combinaison spécifique, impliquant des orientations non symétriques, n'est pas interprétée, à tout le moins est-elle sous-interprétée en terme de rencontre, d'association, de combinaison, etc. Bon nombre d'alternatives aux versions canoniques tombent sous la coupe de ce second cas de figure. Leur représentativité dans le corpus des textes indexables aux versions (14 sur 45, soit 31%) indique la difficulté à interpréter cette combinaison particulière, difficulté qui ne peut ressortir qu'au plan de contenu d'une sémiotique visuelle.

Même lorsque les flèches sont interprétées en prenant garde à leurs orientations divergentes, deux descriptions en sont données : soit une seule action est accomplie par les deux flèches, soit les deux flèches réalisent des actions distinctes. Dans les deux cas, un rapport de subordination de la flèche verticale vis-à-vis de la flèche horizontal est établi, mais le statut de la subordination diffère : celle-ci est strictement logique dans le premier cas (X est alors un instrument) alors qu'elle mobilise l'espace-temps dans le second (X fait l'objet d'une action distincte du processus reliant AB à B).

Enfin, l'orientation des flèches dans l'espace de la page suggère deux éléments visuels comme acteur ergatif, et cela quel que soit le statut, logique ou spatio-temporel, accordé au rapport entre les flèches. AB non moins que X peut ainsi être déclencheur d'action, que l'action soit simple ou composée.

Que l'on compare ainsi les textes n° 15 et 22, lesquels allèguent tous deux un processus de purification :

15. On ajoute un produit (médicament) à un groupement de cellules et ça les purifie ou les soigne.
22. La purification de cellules par les antigènes (les cellules chargées de nettoyer l'organisme de ses bactéries, virus...)

Le texte n° 15 dédouble les actions : adjonction d'un produit par un agent humain, qui entraîne la purification des cellules, on ne sait trop comment (l'ergatif reste indéterminé : cela peut être X, ou AB). En inversant l'exercice proposé par le questionnaire, on pourrait schématiser ce processus complexe de la façon suivante :

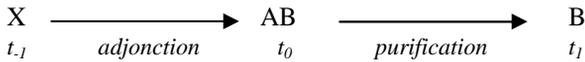


Fig. 6 : Schéma alternatif pour le texte n° 15

C'est-à-dire que le temps est ici un facteur différenciateur : l'action d'adjonction est nécessairement antérieure à l'action de purification.

Le texte n° 22 ne présente quant à lui qu'une seule action, celle des antigènes, les cellules étant toujours strictement en position accusative. On pourrait schématiser ce processus simple de la façon suivante :

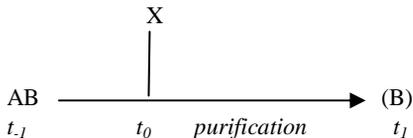


Fig. 7 : Schéma alternatif pour le texte n° 22

L'action des antigènes est logiquement subordonnée au processus de purification (en dehors de ce processus, les antigènes n'ont tout simplement pas d'action à accomplir), bien que ce soit ces antigènes qui déclenchent le processus.

Les schémas des figures 6 et 7 ne prétendent pas réduire le statut polysémiotique qu'ils entretiennent avec leurs textes ; ils ne se donnent donc pas comme de parfaites reproductions des contenus textuels, ni ne permettent d'induire, en retour, que les textes n° 15 et 22 entreraient plus en adéquation avec eux qu'avec le schéma d'origine. Notre but en présentant de tels schémas est simplement de creuser les différences d'interprétation opérées par deux textes à partir d'un même schéma source : le schéma alternatif du texte n° 15 n'est pas adéquat à exprimer le contenu dialectique du texte n° 22, et vice versa.

L'analyse dialogique, que nous ne développerons pas, montre une disparité similaire à celle pointée par l'analyse dialectique. La focalisation manifestée dans le corpus varie en fonction des acteurs visuels. Dans le texte n° 15, elle porte sur X (le médicament) ; dans le texte n° 22, elle porte au contraire sur AB (les cellules). L'examen d'autres textes montrerait que la répartition des focalisations est indépendante de la répartition des versions et des rôles. En outre, la prise en compte de l'acteur *on* introduit la question des univers, explicitement présente dans le questionnaire (« Dites en une phrase ce que le schéma ci-dessous signifie *pour vous* »). Plusieurs textes introduisent des marques, soit pathémiques⁴⁶ soit axiologiques⁴⁷, d'une énonciation représentée. Enfin, nous avons déjà signalé que les marques déictiques participaient à la connexion métalinguistique.

Le traitement variable de ces aspects dialogiques indique que les textes ne s'en tiennent pas à leur fonction métalinguistique mais qu'ils manifestent, en manière de supplément, leur propre statut sémiotique, introduisant dans la description de l'image des modalités du sens — focalisations, points de vue et marques énonciatives — qui font remarquablement défaut à celle-ci (l'expérience ayant été préparée avec ce dessein). Or, si la dialogique a largement été développée dans la sémiotique du récit, il reste à s'interroger sur ses fonctions dans d'autres configurations intersémiotiques. Dans le discours scientifique, en particulier, il importerait de savoir de quelle manière elle s'intègre au rapport entre texte et image et pour quels effets de sens.

Nous refermerons l'analyse en examinant la légende originale. Celle-ci se rattache sans difficulté à la version X, en optant pour l'alternative consistant à mettre A en accusatif :

⁴⁶ Cf. *et paf ça fait des chocapic* du texte n° 38, beau cas d'énonciation déléguée. Mais aussi les textes qui font emploi de points d'exclamation (n° 5, 14).

⁴⁷ Cf. texte n° 40 : *C'est bizarre [...] et c'est pas trop beau*. Mais aussi tous les textes utilisant une formule introductive où apparaît le pronom personnel de première personne.

(La moelle contient) des cellules [B₁ : ATT₁] normales (en blanc) et des cellules [A : ATT₂] leucémiques (en rouge). Les lymphocytes [X : ERG] du greffon (en vert) vont tuer les cellules leucémiques [A : ACC] persistantes après la greffe. Il ne restera que des cellules normales [B₂ : RES].

Pour autant, du point de vue dialectique, il n'y aurait aucun privilège à accorder à la légende en terme d'adéquation avec le schéma. On trouverait volontiers au contraire quelques défauts apparents à leur mise en rapport. Qu'on veuille bien en juger sur la base des observations suivantes :

- cette légende rompt l'unité perceptive du schéma : elle compartimente les éléments visuels sans mettre en valeur leurs relations ;
- la relation exprimée par la flèche horizontale reste implicite ;
- sans l'appui de la connexion métalinguistique permettant de désigner les cellules leucémiques (par le syntagme mis en parenthèse *en rouge*), celles-ci resteraient malaisément identifiables comme objet de la relation exprimée par la flèche verticale.

Quel enseignement, s'il y en a un, faut-il tirer du manque d'adéquation observé entre le schéma et sa légende originale ? Au moins un en forme de questionnement : ce manque d'adéquation est-il dommageable à la communication scientifique ? Et, si tel est le cas, laquelle des deux expressions, schématique ou verbale, mériterait d'être « redressée » ? La légende a pour elle l'autorité de la référence, qu'elle explicite avec précision dans une dimension spatio-temporelle plus large que celle qui est prise en charge par le schéma (les cellules sont contenues *dans la moelle*, les lymphocytes sont issus d'un *greffon*, les cellules leucémiques dont il s'agit sont celles qui *ont persisté après la greffe*). Et, cependant, même à s'en tenir à l'exigence d'une impression référentielle ajustée (d'une représentation, si l'on préfère), le schéma est plus à même de rendre compte de la visée même des recherches scientifiques, lesquelles consistent en l'occurrence non en une identification contemplative des phénomènes biologiques mais bien en une intervention pratique sur le corps vivant. En revanche, si l'on veut bien admettre que le manque d'adéquation entre le texte et l'image n'est pas dommageable à la communication scientifique mais que celle-ci y trouve une forme de complémentarité sémantique, alors le caractère polysémiotique de la relation du texte et de l'image demanderait à être mieux affirmé et assumé dans le discours scientifique — ce à quoi s'opposent les épistémologues classiques, ne serait-ce que par la négligence qu'ils affichent devant ce type de questionnement.

Conclusions

L'analyse a atteint son objectif. Elle a permis de confirmer le statut sémiotique de l'image. L'expérience mise en place a elle aussi rempli son office : elle a permis d'offrir un corpus à configuration polysémiotique, dûment authentifiée comme telle, au sein du discours scientifique. À la lumière des résultats obtenus, nous voudrions à présent, en guise de

conclusions, reprendre certains points de discussion amorcés dans notre préambule historico-critique. Ces problématiques regardent : 1° la présence d'une intersémiotique dans le discours scientifique ; 2° les propriétés épistémologiques qui en découlent ; 3° l'impact de la pratique de l'image dans le discours scientifique sur son analyse en sémiotique.

L'intersémiotique de l'analyse

Puisque le caractère polysémiotique du discours scientifique, engageant dans notre corpus tant le langage visuel que le langage verbal, est établi, nous pouvons nous interroger sur la nature de l'intersémiotique de ce discours. Pour rappel, la présence d'une intersémiotique est le corollaire immédiat d'une polysémiotique. Or on peut aussitôt se rendre compte que ce qu'il y a de concordant entre le texte et l'image se tient en deçà des concepts généralement convoqués pour unifier le discours scientifique. L'image n'« argumente » pas, par exemple ; aussi n'est-ce pas sur fond d'une supposée « argumentation scientifique » que l'on pourra établir l'intersémiotique de ce discours. On voit mal également comment l'image soutiendrait une logique ; dans l'image choisie, on ne voit pas trace d'une quelconque inférence. Elle ne participe pas davantage à une raison — quels sont les concepts que l'image contribuerait à former ? Nous n'avons pas la forfanterie d'insinuer le doute sur l'existence d'une argumentation, d'une logique et d'une raison propres à la science. Nous ne pouvons que constater en revanche que ces concepts souvent élus comme dénominateurs communs des discours scientifiques n'en comblent pas toute la variété sémiotique — et, de fait, les épistémologies fondées sur la raison, la logique ou l'argumentation renâcent à fonder leurs réflexions sur autre chose que des énoncés verbaux et des formules algébriques.

En deçà des concepts traditionnellement élus par les épistémologues, nous pouvons considérer que se loge dans l'image comme dans le texte d'un discours scientifique une *analyse*. Par le concept d'analyse, nous ne cherchons pas à définir quelque chose de plus spécifique qu'une opération intentionnelle et explicite de discernement d'un objet en plusieurs autres objets. Si nous la croyons nécessaire au discours scientifique, l'analyse n'est sans doute pas suffisante à distinguer celui-ci de tout autre type de discours. Cependant il nous suffit qu'il soit plausible de faire porter sur elle des critères distinctifs plus avancés, notamment en termes de complétude et de cohésion. Par exemple, les discours pseudo-scientifiques pourraient être caractérisés en fonction de leur imitation imparfaite — incomplète, hétérogène — du caractère analytique du discours scientifique. Il importe en revanche que l'analyse soit conçue comme intentionnelle et explicite : d'une part, l'analyse n'est pas naturellement dans les choses, ni même en nous⁴⁸, elle relève au

⁴⁸ Ce n'est pas parce que nos organes de perception ont une fonction de discrétisation qu'ils sont analytiques, sans quoi on ne voit pas l'intérêt d'employer ici deux termes

contraire d'une activité consciente (ce que ne démentirait pas même un psychanalyste !); d'autre part, l'analyse ne peut être seulement un fait d'intuition, elle demande à exprimer l'objet qu'elle analyse et à se servir d'autres objets pour s'exprimer elle-même. Autrement dit, la conception que nous défendons attribuée à l'analyse un plan de contenu en corrélation avec au moins un plan d'expression. En l'occurrence, le langage visuel et le langage verbal fournissent à l'analyse les moyens nécessaires à sa manifestation.

Que le texte et l'image fournissent chacun les éléments d'une analyse, c'est ce dont témoigne la fonction métalinguistique qu'ils entretiennent réciproquement l'un vis-à-vis de l'autre. Que ces éléments ne soient pas exactement conformes dans l'image et dans le texte montre en revanche le caractère polysémiotique de leur mise ensemble. Nous avons aperçu, au cours de la présente étude, quelques raisons de cette non-conformité. Pour l'essentiel, elles reviennent à affirmer que l'image et le texte ne permettent pas la même appréhension des relations logiques, spatiales et temporelles :

- dans l'image les relations de groupes logiques sont nécessairement conjointes ; elles doivent être disjointes dans le texte ;
- dans l'image les relations de classes logiques peuvent être conjointes ; cela n'est pas admis avec des moyens verbaux ;
- dans l'image les dimensions spatiale et temporelle sont régulièrement conjointes ; elles demandent à être disjointes dans le texte ;
- dans l'image, deux actions temporalisées ne sont pas nécessairement discrétisées ; elles doivent l'être dans un texte scientifique ;
- dans l'image, la focalisation peut être indéterminée ; dans un texte, elle est prédéterminée par la structure grammaticale.

Ces différences, en dépit du degré de généralité avec lequel elles viennent d'être énoncées, ne peuvent être dissociées de leur fonction analytique ni du discours scientifique où elles s'actualisent. Elles ne sauraient qualifier des différences sémiotiques *in abstracto*. Cela est vrai pour l'image comme pour le texte. De fait, la rhétorique (la rhétorique des figures non moins que celle de l'argumentation) offre les moyens de démentir chacune des assertions susmentionnées. Ainsi, par exemple, la métaphore est capable de conjointre deux classes logiques dans un texte ; la parataxe est susceptible d'y suspendre toute focalisation ; dans les images, les rapports d'ordination peuvent ne pas correspondre à celle des classes logiques, comme dans les figures d'Arcimboldo ; ou bien il peut y avoir des permutations iconiques entre des éléments appartenant à des groupes logiques distincts ; etc.

distincts : *discrétisation* et *analyse*. On ne dira pas même qu'ils ont une fonction de *discernement* : pour cela, il faut le concours d'un organe centralisateur capable de donner du sens aux discrétisations perçues. Pour boucler la boucle, disons encore que discernement et analyse ne sont pas non plus synonymes : l'analyse est toujours consciente, ce qui n'est pas nécessairement le cas du discernement.

Certainement une étude plus systématique que celle qu'a autorisée notre analyse permettrait de compléter et de préciser les différences entre les contenus analytiques réalisés par l'image et ceux réalisés par le texte.

Une référence sous contrôle

Nous avons à faire tenir ensemble ces deux propositions définitionnelles :

- la fonction métalinguistique est une fonction analytique ;
- une analyse est toujours l'analyse d'un objet.

Supposons d'appeler l'objet d'analyse la « référence » du discours scientifique⁴⁹. Nous aurions alors à reconnaître que cette référence est produite, dans le discours, par l'analyse. L'analyse serait ainsi une fonction de référence. Par simple inférence avec la première des deux propositions définitionnelles mentionnées ci-dessus, nous serions également amené à attribuer à la fonction métalinguistique la même fonction de référence. Il n'y a pas nécessairement lieu de faire une telle supposition mais, à la faire, on retombe facilement sur une problématique fondamentale en épistémologie, concernant les conditions de possibilité des objets scientifiques.

Il est hors du propos de cette étude de reprendre par le commencement, si même cela était possible, une telle problématique. Nous n'avons à dire que ce que nous apportent à cet égard les résultats de notre analyse dans un cadre épistémologique qui *a priori* lui convient. Ainsi que nous l'avions annoncé, une étude de Bruno Latour fournit ce cadre épistémologique. De fait, dans cette étude il est question de la construction de l'objet scientifique à travers la série des états discursifs qui le prennent en charge, parmi lesquels des images schématiques et des textes. Le statut sémiotique des images et des textes n'est pas mis en examen par Latour ; sans doute ce statut lui paraît-il aller de soi. La référence, en revanche, est l'objet cible de son propos. Latour prétend, comme déjà cité plus haut, que la référence, au lieu d'avoir à être définie par un objet extérieur au discours scientifique, est simplement « ce qui demeure constant à travers une série de transformations ». Une telle proposition épistémologique, transposée en termes sémiotiques, rejoint à peu près la définition que nous avons donnée de l'intersémiotique. C'est là, à notre sens, un défaut majeur, car elle rend l'objet scientifique assimilable à n'importe quelle intersémiotique, y compris l'intersémiotique du récit. Rien n'interdit en effet de voir le récit comme « ce qui demeure constant à travers une série de transformations ». Partant, il s'est trouvé quelques « littéraires » peu scrupuleux pour lancer l'hypothèse, à partir des travaux de Latour, et fût-ce malgré lui, que les objets du discours

⁴⁹ Précisons que dans la théorie sémantique de Fr. Rastier un texte n'a pas d'objet. C'est pourquoi on entendra parler à son endroit d'impression référentielle, jamais de référent. Qui substitue à l'impression référentielle une référence (ou un référent) se place dans une perspective épistémologique qui ne regarde pas directement les textes mais ce au nom de quoi ces textes sont produits — une science par exemple.

scientifique, à l'instar de tout récit, seraient des fictions. On imagine l'indignation qu'une semblable cuistrerie a pu susciter parmi les scientifiques, et les guerres barbares, encore de récente mémoire, qui s'ensuivirent.

Or nous pensons être en mesure d'apporter, par l'entremise d'une clause restrictive, un correctif à la proposition de Latour sur la référence du discours scientifique. L'intersémiotique de l'analyse n'est pas seulement une constante traversant une série de transformations ou de « traductions » entre énoncés appartenant à des sémiotiques différentes. En réalité c'est à la fois un peu plus et un peu moins que ça. Un peu moins, car il n'y a pas nécessairement d'élément *constant* qui s'échange d'un énoncé à un autre dans une intersémiotique ; il y a un élément de même valeur sémiotique, un élément *homologable* par l'intersémiotique, exactement comme il en est dans un langage donné entre un élément appartenant au plan d'expression et un élément appartenant au plan de contenu. Mais c'est aussi un peu plus qu'une traduction, parce que cet échange se fait sous le contrôle d'une double fonction métalinguistique : chaque énoncé nouveau décrit le précédent autant qu'il est décrit par ce précédent ; il y a une réversibilité du processus, même si les énoncés ne sont interchangeable qu'à condition d'être éprouvés par leur fonction analytique. La référence n'accomplit pas dès lors une traversée paisible dans le discours ; c'est une traversée sans cesse contrainte et contrôlée par des fonctions métalinguistiques réciproques garantissant la cohérence discursive.

Si nous retransposons ces remarques sémiotiques en termes épistémologiques, qu'en tirons-nous ? Nous constatons que la fonction métalinguistique apporte une clause restrictive d'importance à l'idée d'une « référence en immanence » plaidée par Latour. En réalité, les scientifiques prennent garde à construire leur discours sur la base d'une fonction d'externalisation qui maintient nettement hiérarchisés les différents niveaux sémiotiques — niveau du langage-objet, niveau du métalangage. Loin d'évacuer la nécessité de donner au discours un extérieur, l'activité métalinguistique produite par les scientifiques permet de redoubler, au sein même du discours, la fonction d'externalisation dévolue à la référence.

Ce qui nous donne l'assurance d'affirmer avec un certain degré de généralité que la fonction métalinguistique est à la base de la génération du discours scientifique et de l'intersémiotique analytique qui s'y donne à entendre, c'est que nous avons retrouvé une situation tout à fait similaire à celle de notre étude dans l'ouvrage de Reviel Netz, *The Shaping of Deduction in Greek Mathematics*. Notre attention a été attirée sur cet ouvrage, paru en 1999, justement par le compte-rendu, tardif mais bien cadré, qu'en a fait Bruno Latour⁵⁰. Salué comme une contribution majeure à l'épistémologie et à

⁵⁰ Bruno Latour, « The Netz-Works of Greek Deductions », *Social Studies of Science*, à paraître.

l'histoire des mathématiques⁵¹, cet ouvrage aborde les manuscrits des mathématiciens grecs dans leur constitution textuelle, sans les réduire à leur expression (ainsi que s'y attacherait un philologue *stricto sensu*) ; l'auteur cherche à dégager les lois d'un discours, lois qui consistent pour l'essentiel à déterminer les formes de la déduction⁵². Le premier chapitre du livre est consacré à décrire un rapport singulier entre texte et image, rapport si singulier aux yeux de l'auteur qu'il s'impose à la structure de l'ouvrage en en offrant d'emblée l'élément de « découverte » le plus saisissant. Netz montre en effet que les déductions présentes dans les textes mathématiques de la Grèce ancienne ne sont pas parfaitement intelligibles sans diagrammes. Or ces diagrammes ne se retrouvent dans aucun manuscrit conservé. C'est là que réside la découverte avec ce qu'elle peut avoir de surprenant : car, d'un côté, le texte (conservé dans le manuscrit) pourvoit aux indications pour tracer le diagramme; mais, de l'autre côté, ces indications sont insuffisantes, et c'est par le diagramme lui-même que se poursuit la déduction à opérer, à la fois pour que ce diagramme soit énonçable intégralement mais aussi pour que puissent se déterminer exhaustivement les grandeurs établies dans le texte.

En nos termes, ce qui s'opère là sous les yeux ébaubis de Netz — de fait, il paraît s'en émouvoir, la chose étant bien peu conforme à ce que les historiens et épistémologues pensaient savoir aux sujets des mathématiques grecques —, c'est la nécessité d'une double fonction métalinguistique : le texte a une fonction métalinguistique évidente vis-à-vis de l'image, puisque c'est à travers la description qu'il en donne que ce diagramme peut être reproduit ; mais, en retour, le diagramme a lui aussi une fonction métalinguistique sur le texte, car il décrit, avec plus de détermination que le texte, certains des points ou droites nécessaires à la déduction.

L'enjeu de cette reformulation sémiotique apparaîtra, espère-t-on, si on la replace, fût-ce sommairement, dans son contexte historique. Rappelons ainsi que le concept de métalangage a d'abord été établi en logique. Sous ses aspects dérivés, notamment à travers les concepts de métalogue et de métamathématique, il a contribué pour une part essentielle à l'élaboration du formalisme logique ; on a même pu prétendre qu'il permettait de clore le système logique et, de ce fait, rendait celui-ci autonome de toute présupposition. Une fois le système logique posé dans son immanence formelle, on fut en position de faire dépendre de lui tout discours dans lequel est présent un raisonnement de type logique. La logique formelle a pu ainsi prétendre à devenir le modèle épistémologique des sciences. Tel fut le programme du Cercle de Vienne. Or le livre de Netz apporte une forme de démenti au fait que les mathématiques grecques puissent correspondre à un tel modèle. C'est en tout cas le point sur lequel Latour, dans son compte-

⁵¹ Par Latour mais aussi suivant le jugement de Ian Hacking : « Netz's book is (without contest) the most important book to come out of science studies since Shapin and Schaffer's *Leviathan and the air pump* » (Hacking 2007, pp. 8).

⁵² Une déduction, dans son principe, n'étant rien d'autre qu'une analyse continue.

rendu, a tenu à mettre l'accent. En faisant appel à la matérialité de l'écriture des mathématiques et à l'invention d'une pratique verbo-diagrammatique pour le raisonnement, Netz offre, prétend Latour, une « description non formaliste du formalisme », bien éloignée de celle rapportée par les épigones du « miracle grec » : eh non, les mathématiques grecques ne se présentent pas comme un système formel tombé du ciel, et même ne se conçoivent-elles pas de cette manière. Toutefois, en déterminant comme nous l'avons fait le statut sémiotique inhérent au rapport entre texte et image, nous sommes en mesure de renvoyer dos à dos les positions formaliste et anti-formaliste, telles qu'elles opposent les épistémologues appartenant à la tradition de la philosophie analytique aux sociologues des sciences (dont Latour est le porte-parole dans cette polémique). Car l'invention sémiotique, argument clé du livre de Netz (et de la position anti-formaliste de Latour), est en réalité non moins formalisable que le raisonnement logique, et justement à travers le concept de métalangage élaboré par Hjelmslev dans sa théorie du langage. Seulement, une telle formalisation sémiotique empêche la réduction du langage en pur système d'expression et réfute ses corollaires directs que sont la thèse de la transparence du langage et la séparation de la syntaxe (supposée n'appartenir qu'au plan de l'expression, ce qui n'est envisageable que pour les langages formels, mathématiques non comprises⁵³) avec la sémantique. Elle reconnaît au contraire pour essentiel à la production du sens le caractère polysémiotique et intersémiotique du discours.

Terminons ce point de discussion en répondant à une objection qu'on aura vu venir de loin. Comment se fait-il que nous prétendions dire quelque chose à propos du discours scientifique alors que 1° le schéma choisi est extrait d'un texte de vulgarisation, que 2° l'auteur de notre corpus est formé par une cinquantaine d'élèves de l'enseignement secondaire, et enfin que 3° le corpus n'a pas l'ombre d'une réalité d'ordre historique ? C'est que nous avons agi de manière expérimentale avec un objectif formel. D'un point de vue sémiotique, il suffit en effet que la situation créée « en laboratoire » soit homologable à une situation polysémiotique telle qu'on peut en trouver effectivement dans le discours scientifique⁵⁴, et que les résultats obtenus mettent en avant l'analyse comme intersémiotique de ce corpus. Ce faisant, nous n'avons pas travaillé autrement que les logiciens : nous avons cherché à produire un modèle d'analyse de l'intersémiotique analytique. Ce modèle n'a

⁵³ Alain Herreman a pu démontrer (in Herreman 2000), précisément au sujet des mathématiques contemporaines du logicisme, le statut sémiotique des textes mathématiques. Et, par « statut sémiotique », il faut entendre d'abord : non réductible à un statut formellement logique.

⁵⁴ Qu'on s'en avise : dès qu'apparaît, aux côtés de propositions verbales, un schéma, un tableau, une formule, une équation, ou même une simple liste, on se trouve dans l'hypothèse d'une configuration polysémiotique. Selon notre expérience, bon nombre de textes scientifiques, toutes disciplines confondues, répondent à une telle configuration.

pas à rendre nécessaire la présence d'images dans le discours scientifique ; il ne rend pas même nécessaire la présence d'une configuration polysémiotique dans ce discours ; il en prévoit simplement le mode d'analyse. Aux historiens des sciences de nous dire si ce modèle analytique peut rendre compte de la réalité des discours scientifiques, comme ont commencé de nous en convaincre les études de Netz (sur les mathématiques grecques) et de Latour (sur une enquête géologique).

Sémiotique visuelle et pratique épistémique

Un dernier point de conclusion touchera à la sémiotique visuelle en tant que pratique d'analyse des images. Nous pensons avoir donné une confirmation substantielle à la thèse relative à la nature sémiotique de l'image, de sorte que celle-ci ressortisse à un langage visuel à part entière. Nous y sommes parvenus par la mise à l'épreuve d'une intersémiotique, celle de l'analyse. Cette mise à l'épreuve ne peut pas être négligée. De ce que l'image ait un statut sémiotique dans l'intersémiotique analytique, il ne s'ensuit pas encore qu'elle conserve ce statut dans toute pratique d'image. Notre conviction intime est d'ailleurs que l'image n'est pas sémiotique en toute situation. Si je regarde un tableau de Rothko, j'en suis saisi, j'en éprouve la couleur et l'intensité lumineuse, j'en suis éventuellement ému, mais je ne l'*interprète* pas ; pour moi, le tableau ne fait pas question⁵⁵.

Un nouveau détour par l'histoire permettra d'étayer notre position. À ses débuts, la sémiotique visuelle a donné des résultats mitigés. Ni la sémiotique du cinéma, avec Chr. Metz, ni la sémiotique de la peinture, avec L. Marin, n'ont réussi à s'imposer dans les études sur le cinéma et sur les arts plastiques. En réalité, c'est avec les images publicitaires que la sémiotique a connu un franc succès⁵⁶. Il n'y a sans doute pas qu'une seule raison à donner à cet état de choses. Mais on peut constater que la sémiotique a obtenu ses meilleures chances au sein d'une discipline où la demande d'interprétation, pour ne pas dire de « décodage », était forte (et continue à l'être). Autrement dit, la sémiotique visuelle s'est d'autant mieux portée qu'elle s'est inscrite dans une pratique *épistémique* de l'image, une pratique où l'analyse *de et par* l'image est attendue. C'est de cet état des choses que la sémiotique visuelle a

⁵⁵ Que certaines pratiques puissent mettre en doute le statut sémiotique d'un énoncé, la question devrait en être posée même en ce qui concerne le langage verbal. Les réticences (menées par Henri Meschonnic, et rassemblant des philosophes et des poètes) devant les descriptions sémiotiques de la métaphore ne trouvent pas ailleurs leur source. Les métaphores, quoique interprétables, le plus souvent, ne demandent pas à être interprétées : elles ne sont tout simplement pas là pour ça. Et ce n'est pas nécessairement plaider pour une forme de mysticisme que de le reconnaître.

⁵⁶ Davantage en Italie, notamment avec U. Eco, qu'en France, où l'ancrage de la sémiotique fut longtemps du côté des littéraires, ce qui explique la rareté des études sur le visuel au sein de l'école greimassienne jusqu'à une date récente.

hérité, et cet héritage demande à être questionné dans la manière dont l'objet même de la sémiotique visuelle a été constitué.

Nous ferons une dernière évocation pour étoffer l'idée que le statut sémiotique de l'image ait quelque chose à voir avec la pratique épistémique qui se porte non seulement *sur* elle mais également *à travers* elle. Dans un livre récent, Stefania Caliandro a étudié la fonction « métavisuelle » des images (cf. Caliandro 2008). Par fonction métavisuelle, elle entend la fonction d'analyse et de description que remplissent certaines images vis-à-vis d'autres images. Les corpus étudiés (Cavalcaselle, Morelli, Warburg) présentent les trois caractéristiques suivantes : 1° les images sont produites dans des pratiques de connaissance (en histoire de l'art) ; 2° elles contribuent à des configurations polysémiotiques ; 3° dans ces configurations, une double fonction métalinguistique est activée, car si ces images décrivent d'autres images, en retour il y a des textes pour les décrire elles-mêmes. Autrement dit, les conditions d'apparition de la fonction métavisuelle sont identiques à celles où nous avons trouvé une fonction métalinguistique au sein de notre corpus.

Ceci laisse à penser que l'intersémiotique analytique est un point de départ sûr pour une description sémiotique du langage visuel. Loin de se donner pour une énième théorie de l'image sans assise pratique, la sémiotique visuelle trouve à s'y éprouver dans des pratiques de savoir alliant textes et images, depuis le discours mathématique jusqu'à celui de l'histoire de l'art. Si la présente étude avait réussi à montrer aux sémioticiens visualistes que leurs recherches, menées sans renonciation vis-à-vis de l'exigence formalisante constitutive de leur pratique, ont une perspective d'avenir dans le dialogue engagé avec d'autres disciplines scientifiques, nous nous en montrerions déjà fort satisfait.

Références bibliographiques

Sémir Badir, « Pour une sémiotique indisciplinée », dans *Les Signes du monde. Interculturalité et Globalisation*, Actes du congrès de l'Association internationale de sémiotique, Lyon 2004 [en ligne depuis octobre 2007 : <http://jgalith.univ-lyon2.fr/Actes/Welcome.do>], 2007.

Jean-Michel Berthelot, *Les Vertus de l'incertitude*, P.U.F., Quadrige, 2004 (1996).

Jacques Bertin, *Sémiologie graphique*. Paris, Gauthier-Villars, La Haye, Mouton, 1967.

Bundgaard, Peer F. & Stjernfelt, Frederik (eds), *Signs and Meaning: Five Questions*, New York, Automatic Press/VIP, 2008.

Stefania Caliandro, *Images d'images. Le métavisuel dans l'art visuel*, Paris, L'Harmattan, 2008.

Françoise Canon-Roger & Christine Chollier, *Des genres aux textes : Essais de sémantique interprétative en littérature de langue anglaise*, Artois Presses Université, Collection « Lettres et Civilisations étrangères », 2008.

- Carine Duteil-Mougel, *Introduction à la sémantique interprétative. Texto!* [en ligne depuis le décembre 2004, http://www.revue-texto.net/Reperes/Themes/Duteil/Duteil_Intro.html], 2004.
- Umberto Eco, « Sémiologie des messages visuels », *L'Analyse des images. Communications*, 15, 1970, pp. 11-51.
- Groupe μ , *Traité du signe visuel. Pour une rhétorique de l'image*, Paris, Seuil, 1992.
- Ian Hacking, « Where Do Mathematical Objects Come From ? », texte de conférence au congrès « Experience and Truth », Taïwan, 9-10 novembre 2007, 2007.
- Louis Hébert, *Introduction à la sémantique des textes*, Paris, H. Champion, 2001.
- *Dispositifs pour l'analyse des textes et des images*, Limoges, Pulim, 2007.
- Alain Herreman, *La Topologie et ses signes. Eléments pour une histoire sémiotique des mathématiques*, Paris, L'Harmattan, 2000.
- Louis Hjelmslev *Prolégomènes à une théorie du langage*, Paris, Minuit, 1971.
- *Résumé of a Theory of Language*, Copenhague, Cercle Linguistique de Copenhague, 1975.
- Bruno Latour, *Petite sociologie des sciences*, Paris, La Découverte, 2006 (1993).
- à paraître « The Netz-Works of Greek Deductions », *Social Studies of Science*.
- René Lindekens, *Essais de sémiotique visuelle*, Paris, Klincksieck, 1976.
- Denise Malrieu & François Rastier, « Genres et variations morphosyntaxiques », *Traitement Automatique des langues*, 42-2, [repris en ligne in *Texto!* juin 2002, http://www.revue-texto.net/Inedits/Malrieu_Rastier/Malrieu-Rastier_Genres.html], 2001, pp. 548-577.
- Christian Metz, « La grande syntagmatique du film narratif », *Communications*, 8, 1966, pp. 120-124.
- Régis Missire, *Sémantique des textes et modèle morphosémantique de l'interprétation. Texto!* [en ligne, mars 2006, http://www.revue-texto.net/Inedits/Missire/Missire_These.html], 2006.
- « Norme(s) linguistique(s) et afférence sémantique : une lecture de Sémantique interprétative à partir d'Eugenio Coseriu », *Texto !* [en ligne, mis à jour le 14/04/2008, <http://www.revue-texto.net/index.php?id=581>], 2008.
- Reviel Netz, *The Shaping of Deduction in Greek Mathematics : A Study in Cognitive History*, Cambridge University Press, 1999.
- Jean-Claude Passeron, *Le raisonnement sociologique. L'espace non popperien du raisonnement naturel*, Paris, Nathan, 1991.
- Bruno Péquignot, *Recherches sociologiques sur les images*, Paris, L'Harmattan, 2008.
- François Rastier, *Sémantique interprétative*, Paris, P.U.F., 1987.
- *Sens et Textualité*, Paris, Hachette, 1989.

Sémir BADIR

- (avec la collaboration d'A. Abeillé & M. Cavazza), *Sémantique pour l'analyse*, Paris, Masson, 1994.

- *Arts et Sciences du texte*, Paris, P.U.F., 2001.

Fernande Saint-Martin, *Sémiologie du langage visuel*, Québec, P.U. de l'Université du Québec, 1987.

Ferdinand de Saussure, *Ecrits de linguistique générale*, Paris, Gallimard, 2002.

La photographie aérienne, *pseudo carte et pseudo plan*

Anne BEYAERT-GESLIN
Université de Limoges

Introduction

Lorsqu'elles nous parviennent, les photographies qui présentent la terre vue du ciel sont toujours construites par une certaine *pratique*. Cependant, au moins pour ce qui concerne les pratiques de vulgarisation, ces images consacrent, avant tout programme d'*usage*, un programme de *base* traduisant un attachement à des *valeurs existentielles*, à un territoire et une planète dont la beauté est ainsi célébrée. Cet effet de sens qu'incarnent de façon emblématique les photographies de Yann Arthus-Bertrand semble aujourd'hui se généraliser à toutes les représentations de la planète vues des satellites et impose l'hypothèse d'une domination de ces *valeurs mythiques* sur tous les usages de ces images.

La photographie vue du ciel étant résolument placée sous ces auspices mythiques, il reste qu'elle participe à différents *programmes d'usage*, à différentes pratiques sociales, d'orientation ou de documentation par exemple. Chacune d'elle construit la photographie différemment, en élaborant des *plans de l'expression* distincts qui supposent qu'un *plan de corrélation* transforme les valeurs au sens terrestres, c'est-à-dire ce qui importe pour l'observateur au niveau du sol et que les *routines perceptives* ont consacré, en valeurs au sens « céleste ». Comment ces *conversions* s'effectuent-elles ? C'est ce que je voudrais comprendre en observant l'insertion de la photographie prise à partir du ciel dans différentes pratiques.

Nous verrons tout d'abord comment les différents dispositifs de visualisation modélisent de façon générale le plan de l'expression de la photographie aérienne. Ensuite, ces images seront intégrées à deux pratiques : l'orientation pour le site de l'annuaire *Les pages jaunes/les pages blanches* et la vulgarisation documentaire pour un ouvrage présentant la France vue du ciel. Ces utilisations permettent de confronter le *plan de l'expression* de la photo aérienne à celui de la carte et du plan d'accès. L'étude des trois objets

visuels montrera que la photographie postule une double conception de la vérité, à la fois référentielle et iconique dont les exigences transforment la photographie en une *pseudo carte* ou un *pseudo plan*.

La construction orthophotographique

Tout d'abord, notons que chacune de ces photographies prises à partir du ciel se définit comme une image construite, plus précisément comme une *orthophotographie*. En effet, projeter cet objet courbe qu'est la surface terrestre sur les deux dimensions d'une image oblige à homogénéiser l'échelle au moyen d'une correction focale dite *orthorectification*. Cette correction *a minima* qui correspond à différentes projections de la dimension de la *hauteur* sur la *largeur* du plan, adopte des paramètres différents selon que le *destinataire* est un auditoire scientifique (si l'image relève de la communication scientifique) ou le grand public (si l'image relève de la vulgarisation). Dans le premier cas, elle est mathématique et s'effectue en fonction de la géométrie des lieux ; dans le second, elle reste au plus près de la perception du piéton qui doit confronter ces données nouvelles à son expérience quotidienne.

On aperçoit ainsi deux acceptions de *l'exactitude cartographique* telle que la définit Bertin, et deux rapports à la *vérité* rapportée à des *régimes de pratiques* et à des destinataires différents, le paradoxe véridictoire étant que l'image la plus correcte au sens de la géométrie reste la plus déroutante si on la rapporte aux usages de la perception. Autrement dit, la *vérité mathématique* s'oppose nécessairement à la *vérité perceptive*.

À l'*orthocorrection*, premier critère de construction du plan de l'expression, s'ajoute un critère de *distance* qui décline trois familles de photographies selon la grande, la moyenne ou la faible altitude. Les photographies les plus distanciées, qui présentent la plus grande échelle, sont dues aux *satellites*, alors que les distances et échelles moyennes sont des vues d'*avion*. Cependant, loin de se résumer à une question de *support* conditionnée par la *distance*, une telle distinction implique un accès différent au visible. En effet, parce qu'elles sont plus rapprochées, les vues d'*avion* sont plus *précises* et peuvent recourir aux « *couleurs vraies* », celles du monde visible à moins qu'elles n'améliorent encore cette acuité au moyen d'un dispositif infrarouge. En multipliant les contrastes chromatiques, l'image livre alors des informations qui échappent au monde visible et permet de distinguer les zones humides et sèches, par exemple.

À très haute altitude, les possibilités de la perception directe laissent nécessairement place à l'acuité de la vue infrarouge¹. Pour construire l'image, la photographie satellitaire doit superposer différentes couches de « fausses couleurs » dont les longueurs d'onde sont invisibles à l'œil, et qui

¹ On obtient alors une résolution supérieure qui permet de distinguer des zones de 2,5 m au sol, les dispositifs militaires actuels pouvant quant à eux distinguer des zones de 15/20 cm.

élargissent donc les frontières du monde visible au-delà et en deçà de 0,4 et 0,8 μ^2 .

La troisième famille concerne les images faites à une altitude si faible qu'elles transforment l'hypothèse topologique de la *perspective à vol d'oiseau* qui place le point de vue au-dessus de la surface terrestre en une *perspective en hauteur* le situant au niveau de la plus grande élévation terrestre, comme c'est le cas dans la peinture chinoise, par exemple. Ces images prises à faible altitude suivent alors au plus près la surface terrestre en introduisant parfois un principe de *mobilité* pour construire un film.

Ainsi conçue, cette typologie construite sur la notion de distance fournit plusieurs critères de construction du *plan de l'expression*. En effet, si la *distance* détermine les limites du monde visible, elles-mêmes présidant au choix de couleurs dites « vraies » ou « fausses », elle introduit aussi un second axe sémantique, le rapport au *vivant* ou à l'*animé*. À faible distance, l'*échelle humaine* reste valide et peut accompagner certaines manifestations de la vie organique, suivre le déplacement d'un troupeau ou d'un vol de grues, par exemple. C'est d'ailleurs à faible distance que la *mobilité* du *point de vue* s'avère la plus pertinente car elle permet de révéler ce principe d'animation. Une autre caractéristique de cette distance est qu'elle permet de conserver la figure de l'auteur (d'où la notoriété de Yann Arthus Bertrand). Ainsi, par l'intermédiaire d'un *narrateur* qui « raconte » la terre peuplée d'actants livrés à des épreuves, s'argumentent des effets de sens conformes aux *valeurs mythiques*. Au contraire, les photographies prises à haute altitude n'ont accès à la vie animale ou humaine qu'au moyen des « fausses » couleurs de l'infrarouge (« fausses vraies » ou « vraies fausses » selon qu'elles ressemblent à celles de la perception directe). Elles relèvent alors d'une *énonciation impersonnelle* et technique, celle d'un *œil-machine* contrôlé par l'avion ou le satellite. À cette distance, l'accès au vivant, à l'animé, s'obtient nécessairement par un dépassement des possibilités du visible et une intrusion dans le caché. L'apparence des images produites, aux couleurs et au grain très particuliers, suffit alors à produire certains effets de sens *véridictoires* et à les *dramatiser*.

Ce parcours superficiel a permis de circonscrire quelques règles de corrélation entre la vue du sol et la vue du ciel. La description doit cependant être affinée pour montrer comment l'intégration à des pratiques différentes « finalise » ces photographies et modélise le *plan de l'expression* pour produire un *pseudo-plan* (le site de l'annuaire) ou une *pseudo-carte* (l'ouvrage de vulgarisation).

² La notion de monde visible est discutée dans le premier chapitre de l'ouvrage de Jacques Fontanille, *Sémiotique du visible, Des mondes de lumière*, PUF, 1995, intitulé « Comment le sens vient à la lumière ».

La photographie du site de l'annuaire

La photographie aérienne est aujourd'hui communément intégrée à des dispositifs d'orientation dans l'espace. Sur le site de l'annuaire téléphonique, elle est associée à une adresse et à un *plan d'accès*. Sont ainsi restituées trois « versions différentes d'un seul et même monde neutre et sous-jacent » dirait Goodman³, trois versions qui ne valent que pour leur *complémentarité*. Centrée par un *point de mire* autour duquel l'internaute peut circuler, cette photographie *désigne* le lieu recherché cependant, même si l'espace est censé lui être familier, ce repère semble insuffisant et n'aide guère le voyageur dans son parcours de quête.

La difficulté se situe à deux niveaux de la production de l'image. Elle est tout d'abord inhérente au *support* photographique lui-même. Quelque soit le *genre* dont elle relève, la photographie tend en effet à écraser les hauteurs, ce qui rend toujours la confrontation de la photographie de paysage et celle du paysage expérimenté fort décevante pour les photographes amateurs de retour de voyage. « Rien de tel qu'un appareil photo pour changer une montagne en taupinière », note Goodman⁴. De façon plus essentielle, la difficulté tient au *genre* de la photographie aérienne qui, en modifiant le *point de vue* et en s'affranchissant des routines perceptives, supprime tous les repères qui permettent de s'orienter depuis le sol. Le *point de vue* surplombant donne accès à une expérience totalement nouvelle où les repères terrestres ne fonctionnent plus. Le problème se conçoit comme une difficulté à établir un *plan de corrélation* entre la vue du sol et la vue du ciel, donc à convertir ce qui est une *hauteur* dans l'expérience en *plages* juxtaposées.

Photo et plan d'accès

Heureusement pour le voyageur égaré, cette photographie du site de l'annuaire est intégrée à un dispositif d'orientation qui la fait signifier, un *plan d'accès* dont il importe d'apporter une définition sémiotique. En effet, si de nombreuses études ont été consacrées aux stratégies de circulation des voyageurs du métro, aux trajets et aux parcours⁵, il semble que la différence entre la carte et le plan reste à faire⁶. Plan et carte se laissent certes décrire

³ Nelson Goodman, *Manières de faire des mondes*, traduction française de Marie-Dominique Popelard, Gallimard, 2006, p. 40.

⁴ Nelson Goodman, *Langages de l'art, Une approche de la théorie des symboles*, traduction française de Jacques Morizot, Hachette, 2005 (1968), p. 43.

⁵ Je reporte le lecteur à la célèbre étude de J.M. Floch « Etes-vous arpenteur ou somnambule. L'élaboration d'une typologie comportementale des voyageurs du métro », dans *Sémiotique, marketing et communication. Sous les signes, les stratégies*, PUF, 1995 (1990), pp. 19-47. Voir aussi *Protée* vol. 33 n° 2 « Le sens du parcours » (A. Beyaert-Geslin dir.), automne 2005.

⁶ Louis Marin assimile par exemple *la carte de ville, le plan de ville avec le portrait de ville* alors même qu'il fixe d'excellents critères de différenciation. Louis Marin, « La ville dans sa carte et son portrait », *De la représentation*, Gallimard-Le Seuil, 1994, pp. 204-218.

comme des « traductions planes de l'ordre géographique »⁷ conformes aux descriptions de Bertin⁸. Tous deux fonctionnent sur un principe de régionalisation de l'espace qui permet de projeter certaines données traduisant l'appropriation sociale des lieux. De surcroît, ces représentations graphiques utilisent les deux modalités sémiotiques de la cartographie, le texte et le dessin, lui-même recourant aux variables que sont le *point*, la *ligne* et la *zone*. En conjuguant ces possibilités, texte et dessin argumentent cette lecture abductive de la cartographie qui suppose de multiples opérations cognitives impliquant une *identification externe* (je fais le lien avec les habitudes acquises) et *interne* (je déduis les informations de leur position relative sur le plan)⁹.

Dépassant ces ressemblances superficielles, le dictionnaire définit pourtant le plan de deux façons : en tant que *plan*, c'est un ensemble de constructions (il est alors l'équivalent de la carte), en tant que *plan d'accès*, c'est un « projet élaboré avant une réalisation »¹⁰. Le statut véridictoire des deux représentations graphiques suffit à accentuer la différence et à révéler des *finalités* distinctes : si une carte ne peut être déclarée « exacte »¹¹, un plan admet cette évaluation. Plus précisément, il sera dit « exact » s'il s'avère en *adéquation* avec un usage ou une pratique d'orientation et *efficace* s'il m'informe rapidement sur la façon de me rendre à l'adresse recherchée, se donne à lire et à mémoriser rapidement, conformément aux conceptions de Bertin :

Si, pour obtenir une réponse correcte et complète à une question donnée, et toutes choses égales, une construction requiert un temps d'observation plus court qu'une autre construction, on dira qu'elle est plus efficace pour cette question¹².

Nous cernons mieux la spécificité du *plan d'accès* qui se définit comme une *carte finalisée* par un programme d'usage unique, comme un *programme graphique d'accès* à un lieu, à la différence de la carte qui potentialise une infinité de programmes d'usage, peut argumenter des

⁷ J. Bertin, *idem*, p. 286.

⁸ La carte est une « construction dont les correspondances dans le plan s'établissent entre les éléments d'une composante géographique, disposés selon l'ordre géographique observé » J. Bertin, *idem*, p. 285.

⁹ J. Bertin, *Sémiologie graphique*, *idem*, p. 140.

¹⁰ Cf Larousse illustré.

¹¹ Il n'y a pas de « cartes exactes » mais seulement *des* « degrés d'exactitude » explique J. Bertin, *idem*, p. 285.

¹² Jacques Bertin, *Sémiologie graphique, Les diagrammes-les réseaux-les cartes-*, Les réimpressions de l'EHESS, 1998 (1967), p. 139. L'efficacité se mesurant à la rapidité, on pourrait avancer que l'intentionnalité du plan est de fournir une *image* au sens de Bertin, c'est-à-dire « une forme significative perceptible dans l'instant minimum de vision, perceptible spontanément ». Ceci ferait de la différence carte/plan, une différence *figuration/image*. Par une *réduction*, le plan tend à transformer la carte en une image. J. Bertin, *idem*, p. 146.

pratiques diverses, urbanistique ou écologique par exemple, et construit en tout cas cet « ensemble d'agencements structuraux » que décrit Marin¹³. L'*adéquation* à des pratiques multiples et variées en fait un objet complexe et nécessairement polysémique visant la *totalisation*¹⁴.

Si cette disponibilité de la carte tend à *densifier* le plan de l'expression, induisant une *combinaison* de matières d'expression multiples et un *tri* des données les plus pertinentes, un autre paramètre tend à complexifier la représentation. En effet, une carte manifeste à la fois une intentionnalité *mémorielle* – pour Marin, c'est un « vestige »¹⁵ - et une intentionnalité *transformatrice*, ce qui l'amène à combiner différents niveaux de *présence* pour spatialiser des données temporelles qui seront ainsi stabilisées par l'ordre géographique. La carte est donc une *méta-image* où « les noms et les signes privilégiés (y) font reconnaître l'autorité de la loi de l'ordre social » comme l'indique Marin¹⁶ : c'est en somme un métadiscours sur le devenir social.

Le *plan d'accès* se définit au contraire par un *programme d'action unique* : il est *efficace* s'il mène rapidement à l'adresse recherchée. Au plan de l'expression, cette *efficacité* se traduit par une *condensation* sur un petit nombre de traits pertinents, au minimum qui autorise la lecture spontanée et la mémorisation¹⁷. Le plan ne vise donc ni la *totalité* qui assure la maîtrise conceptuelle ni *a fortiori* l'*exhaustivité* qui égarerait le voyageur, mais l'*exemplarité* ou la *spécificité* qui témoignent de l'*adéquation* au programme. La *réduction quantitative* jusqu'à un certain nombre de traits *nécessaires et suffisants* se conçoit comme une interprétation *qualitative* qui oblige à définir les données indispensables à l'orientation¹⁸.

De façon plus essentielle, ce travail sémiotique de réduction et de tri des valeurs se conçoit à l'aune d'une transformation de la *visée globale* de la carte en une *visée locale* qui circonscrit et oriente toutes les données autour d'un *centre déictique*. La carte et le *plan d'accès* s'opposent en effet par leur *centre de gravité*. Une carte de la ville fonctionne toujours autour d'un *centre de ville*, fût-ce cette « espèce de “ foyer ” vide de l'image que la communauté se fait du centre », que décrit Barthes¹⁹. Si ce *centre de gravité* se confond avec un *centre-ville* établi une fois pour toutes et pour toutes les cartes de la

¹³ L. Marin, *idem*, p. 210.

¹⁴ Cette *totalisation cartographique* constitue, selon Marin, l'utopie de Thomas Moore.

¹⁵ L. Marin, *idem*, p. 208.

¹⁶ J. Bertin, *idem*, p. 210.

¹⁷ Bertin a inventorié le nombre de paramètres que peut contenir une image, « lorsque l'information nécessite plus de trois variables, on ne peut construire une figure qui réponde spontanément à tous les types de question. L'image n'admet pas une quatrième variable », J. Bertin, *idem*, p. 151.

¹⁸ Marin estime que « les manques et les excès » de cette topographie (c'est-à-dire les redondances) permettant justement d'esquisser les contours du programme d'action ». Ils dessinent en creux le programme à suivre. L. Marin, *idem*, p. 206.

¹⁹ Roland Barthes, « Sémiologie et urbanisme », *Œuvres*, non-paginé.

même ville, celui du *plan d'accès* se confond nécessairement avec le *centre déictique* qu'introduit le projet du *destinataire*. S'adressant à un *destinataire* en particulier, le *plan d'accès* esquisse une *scène prédictive* singulière et potentialise une *performance narrative* précise : « vous arrivez là », « vous passez par là »... Devant scénariser le *faire*, il ne fournit pas une *description* susceptible d'accueillir de multiples récits potentiels mais fait le *récit* d'un déplacement dans l'espace. La finalité du *plan d'accès* est précisément de donner sens au *trajet* en introduisant les séquences narratives et les obstacles qui le transformeront en *parcours*. Il suppose donc un *réembranchement énonciatif* de l'usager dont le *corps-mouvement* circule potentiellement dans le plan²⁰.

Cette *narrativité* caractéristique n'est pas sans incidence sur la relation texte-image. Soumis à la *condensation* du plan de l'expression, les textes sont réduits aux mentions des noms de rues et aux intitulés des bâtiments les plus significatifs. Ils constituent ainsi la part la plus nécessaire de l'information car, interrompant la polysémie de l'image²¹, ils assurent l'*identification* des lieux. Dans le plan, tout doit se donner aisément à lire et seul le heurt de deux sens de lecture, celui de l'écriture et celui de la mobilité de l'usager, peut encore ralentir la compréhension et le voyage cognitif dans le plan. Ainsi réduit à un petit nombre de titres superposés au dessin, le dispositif textuel exclut toute légende et tout système de *référenciation externe* susceptible d'alourdir la lecture. Cette « intériorisation » du plan sur lui-même nous met sur une voie heuristique intéressante et permet de faire le lien entre le texte et le dessin. En effet, on peut supposer que l'impératif d'*efficacité* amène à proscrire les variables graphiques fines, telles les trames et les graduations tonales à l'intérieur d'une même couleur qui obligerait l'usager à comparer les zones pour reconstruire des isotopies thématiques en recherchant des règles d'interprétation dans les échelles de référenciation textuelles.

Comment les variables chromatiques s'organisent-elles sur le plan ? Réduites à un petit nombre (rose, beige, jaune, orangé, vert et bleu), elles procèdent du même niveau de *tonalité* et de saturation même si le bleu tend à « ressortir ». Cette homogénéité tonale laisse supposer que la différence chromatique, loin de restituer une hiérarchie des espaces, une *perception ordonnée* dirait Bertin, n'assume qu'une fonction de différenciation. Un regard plus attentif révèle en outre que, si le plan adopte les variables graphiques séminales de la carte (le point, la ligne, la zone), il oblitère pourtant les correspondances chromatiques traditionnelles qui associent les espaces agricoles au jaune ou à l'orangé ; les espaces naturels, au vert ; le « construit » au gris-noir et l'architecture, au rose violet. Une zone qui

²⁰ Le plan que nous traçons sur un coin de table peut même matérialiser la mobilité par des flèches plus ou moins marquées et scénariser le parcours au moyen de traits parallèles ou perpendiculaires au sens de circulation pour symboliser le franchissement d'un obstacle ou l'arrêt.

²¹ Le texte matérialise ainsi la fonction d'*ancrage* que Barthes oppose à la fonction de relais. Voir à ce sujet « Rhétorique de l'image », *Communication* n°71, 1964.

apparaît boisée sur la photographie peut être traduite indifféremment en rose ou en jaune sur le plan alors que le bleu, unique dérogation à cette indifférence chromatique, désigne toujours fidèlement la rivière, cette eau qui est toujours le repère le plus stable pour le cartographe. Surtout, on s'aperçoit que les différentes parties de ce qui ressortit au même ensemble boisé sont désignées par des couleurs contrastantes et de même que les voies d'accès, au lieu d'être uniformément grises, prennent des couleurs différentes.

Ces remarques tendent à montrer que le plan s'affranchit des isotopies topologiques et thématiques pour porter l'effort sur la *différenciation* des zones et des voies d'accès. Au lieu d'être distribuées de façon *associative* (pour restaurer les continuités isotopiques) ou *ordonnée* (pour introduire une graduation dans les continuités isotopiques), les valeurs sont réparties de façon *contrastive* et donc *dissociative*, l'*efficacité* du plan tenant à sa capacité à distinguer les voies d'accès et plus précisément à distinguer les *zones* relativement aux voies d'accès. Le plan n'est donc pas seulement une *réduction* de la carte qui tendrait à synthétiser le *plan de l'expression* sur les données les informations les plus pertinentes, mais il induit une autre distribution des valeurs : la *pratique d'orientation* reconfigure l'énoncé sur des valeurs essentiellement *contrastives*.

La vue aérienne du site de l'annuaire

Il est temps de revenir à la photographie pour envisager sa complémentarité avec le plan dans le dispositif d'orientation et rendre compte d'un effet de *réduction*.

La photographie permet de repérer des angles, des places, de comparer des artères au statut différent (rues ou boulevards) et, en utilisant certains principes de classement spontanés et universels (du plus grand au plus petit, par exemple), permet même de distinguer la rue du boulevard. Hormis ces ressources perceptives, sa moindre efficacité s'explique cependant par l'impossibilité de réduire la diversité sensible à quelques traits indispensables. En effet, la photographie étant une *empreinte*, elle procède à une découpe exhaustive du monde qui « prend » solidairement tous ses éléments²² sans aucune possibilité de *tri* des valeurs adéquates.

La gamme chromatique étant déterminée par le statut d'*empreinte* du *support* photographique, elle se montre de même fidèle aux couleurs du monde si bien que tous les espaces verts apparaissent verts, le bâti, rose et les voies urbaines - fussent-elles des boulevards ou des artères secondaires -, grises. Néanmoins une particularité du *dispositif de visualisation* surplombant tend à modéliser ces couleurs puisqu'en plaçant tous les objets à la même distance, l'image tend à les désaturer, à les « laver » pareillement, pour les inscrire dans un unique registre de valeur. Ainsi le point de vue à vol

²² Ceci qui est souvent commenté comme une dynamique centrifuge de l'image photographique ou cinématographique, qui tend toujours se raccorder au réel découpé à la périphérie.

d'oiseau rompt-il avec les routines perceptives de la perspective atmosphérique où, conformément au système semi-symbolique bien connu, ce qui est volumineux, net et de couleur saturé sera plus proche que ce qui est petit, aux contours flous et de couleur désaturée. Un tel « basculement » du point de vue n'est pas sans incidence pour la distribution des valeurs puisqu'il tend à rassembler les formes distribuées dans le paysage et à restaurer les isotopies topologiques selon une logique *associative*.

On s'aperçoit donc qu'en dépit de la même apparence désaturée des couleurs, l'organisation chromatique des espaces suit une logique différente dans le plan et la photographie aérienne. Tandis que le plan, finalisé par la *pratique d'orientation*, tend à différencier les espaces, la photo reste fidèle à leur ontologie et renvoie le voyageur à la *polysémie* de l'image. Moins efficace en tant que support d'orientation, celle-ci se prête en revanche à divers investissements sémantiques, aux différentes thématisations que suppose la variété des pratiques. Deux niveaux de *réduction* apparaissent donc, par lesquels la *photographie* « finalisée », soumise à une sélection des traits pertinents et profitant des possibilités d'ancrage de l'écrit, devient une *carte* qui, elle-même « finalisée » et soumise à une seconde sélection de données pertinentes, deviendrait un *plan d'accès*.

Pourtant, d'une réduction sémiotique à l'autre, un critère essentiel serait conservé que révèle le défilement des objets visuels. En effet, sur le site de l'annuaire, un curseur permet de zoomer sur chaque image convoquée, en rapportant le *point de vue* au niveau de la rue, du quartier, de la ville ou du pays²³ mais en conservant un *point de mire* permanent. Autour de ce centre déictique, le voyageur peut circuler et revenir d'un seul « clic » au *centre de gravité* de l'image mobile. Une telle expérimentation amène alors à se demander si les différents objets visuels rassemblés par le support informatique, tous animés par la *performativité* du plan d'accès qui leur permet de suivre la linéarité du *parcours* du voyageur, n'ont pas finalement usurpé le statut de *plan d'accès*. Dûment finalisés, tous ces objets visuels sont des *plans* au sens sémiotique, des plans plus ou moins efficaces au demeurant.

Ce recentrage systématique autour d'un *point de mire* défini par la pratique modifie en tout cas le statut épistémologique de l'énoncé. La carte qui sédimente différents niveaux de présence potentielle est une *méta-image de la ville*. En même temps qu'elle décrit cette ville, la carte fait le récit d'un *devenir* et construit donc un projet de ville autonome et, en même temps qu'elle décrit *l'ici-maintenant*, elle raconte un *alors-ailleurs* débrayé. Plutôt que le récit débrayé d'une ville, le plan d'accès fait le récit d'un *parcours individuel* dans l'espace dont chaque information graphique, convertie en seuil aspectuel, devient une séquence narrative. Il rompt ainsi avec le *débrayage énonciatif* de la carte pour assumer un *embrayage énonciatif permanent* dans *l'ici-maintenant*, dans l'expérience actuelle, chaque donnée graphique devant pour ainsi dire remettre le voyageur en chemin.

²³ À cette distance, le plan ressemble à une carte routière.

En ce sens, la carte et le plan se laissent décrire comme deux expériences *temporelles* différences. La carte confronte le *présent* de l'expérience à un présent intemporel et historique, au *devenir* du lieu, tandis que le plan insiste sur le *présent* de l'expérience. Cette distinction tend à associer le *plan* et la *photographie* du site de l'annuaire dans un même projet et sur une même opération fondatrice, l'*embrayage*, ce qui n'exclut pas une différence relative à la *dominante prédicative*, parce que le plan adopte le principe de la *jonction* et la valence de la *médiation* tandis que la photographie met en *présence* du parcours et recourt à la valence de l'*immédiateté*.

	carte	plan du site de l'annuaire	photo du site de l'annuaire
Opération fondatrice	débrayage	embrayage	embrayage
Dominante prédicative	Jonction	jonction	présence
Valence	Médiation	immédiateté	immédiateté

Cette différence prédicative n'est que la prémisse d'une différence véridictoire. En effet, la mise en parallèle des deux objets visuels sur le site restituée, sous forme d'alternative, l'intégralité du parcours heuristique : ainsi met-on en scène le paysage où l'on s'égarer et celui où l'on se retrouve, un paysage authentifié par son statut d'*empreinte* et le dessin du même paysage qui se trouve ainsi auréolé de l'effet d'autorité de la photographie. La *sommation* successive du plan ou de la photo tend même à accorder à la photographie aérienne un statut de *fond cartographique* pour le plan car il suffirait de superposer le plan et la vue aérienne ou de les convoquer à l'écran l'un après l'autre pour que les indications se superposent au relief. Ainsi pourrait-on restaurer toutes les possibilités sémantiques de la cartographie, découvrir d'autres corrélations entre les lieux, et argumenter une infinité de programmes d'action. La photographie vient alors ancrer l'utilisateur dans le présent de l'expérience en apportant au plan l'authentification du « *ça a été* ».

Ainsi découvre-t-on l'*effet référentiel*, la croyance référentielle qui, comme l'a noté Fontanille²⁴ à propos des images scientifiques du corps (radiographie, IRM, etc) assure la localisation et la mise en relation d'effets de présence. À propos de ces images du corps, Fontanille montre que la *croyance iconique* s'impose au détriment des *effets référentiels*. Notre corpus semble indiquer au contraire une association des deux types de *présence*, la photographie fonctionnant comme une confirmation de l'effet iconique du dessin.

²⁴ Jacques Fontanille, « Les systèmes d'imagerie scientifique, Questions sémiotiques », *E/C*, Rivista dell'Associazione italiana di studi semiotici, mis en ligne le 2 mai 2007.

La France vue de l'espace

Une étude des photographies rassemblées dans un ouvrage de *vulgarisation* permettent de préciser le statut sémiotique de ces images qui, pour le dire de la façon la plus triviale, disent le vrai tout en ne disant quasiment rien à moins qu'une carte ne les fasse parler. Autrement dit, ces images disent une vérité qu'on ne sait où localiser.

La particularité de cet ouvrage, *La France vue de l'espace*²⁵, est en effet de permettre, par la structure éditoriale du livre et par sa mise en page, l'interprétation de photographies qui, dégagées de ce *support*, échapperaient à la signification. En effet, sans un dispositif référentiel approprié, sans recours à un titre, un observateur qui n'est pas géographe ne peut en effet identifier précisément une image aérienne et y voir tel pays ou telle région. Cette difficulté tient au fait que le paysage n'est pas métonymique à la différence du corps qu'on peut toujours reconstruire à partir de ses parties, parce que tous les corps obéissent au même modèle. La forme géographique la plus aisément identifiable est toujours, paradoxalement, celle qui est prise à la plus grande distance : « plus l'espace est grand, plus il semble que la forme extérieure de la carte suffise à son identification »²⁶, explique Bertin, l'ultime référence étant toujours le planisphère. A l'inverse lorsque l'échelle est toute petite, l'identification devient impossible et « le document est perdu pour l'information », observe-t-il.

A l'échelle du pays, peu de formes restent reconnaissables. Bertin peut bien assurer que « certaines images familières telles que la carte des Iles Britanniques, du Japon ou de la France ont atteint un degré d'universalisation qui les hausse au niveau du symbole »²⁷, cette conception peut sembler pour le moins idéologique et cède la place à l'hypothèse d'une *identification culturelle* des formes d'un pays : un Iranien reconnaît la forme de l'Iran et un Comorien, la forme pourtant complexe de son archipel...

Ces difficultés d'identification traduisent un double problème. Le premier tient à la difficulté d'établir la *présence localisable* du pays et, dans l'ouvrage comme sur le site de l'annuaire téléphonique, celle-ci est assurée par les échelles de référence qui, partant d'un plan large puis rapproché, vont produire la *vérité référentielle* du territoire observé. Le second problème est lié au fait que cette présence référentielle doit nécessairement consacrer une présence iconique : il faut donner une forme au territoire et produire la *croissance iconique*. Sans forme ni attache, le morceau de croûte terrestre serait livré à tous les investissements imaginaires qu'autorise l'intrigante *Europe après la pluie* de Max Ernst.

²⁵ François Beautier, *La France vue de l'espace*, Paris, Selection du reader's digest, 2004.

²⁶ J. Bertin, *idem*, p. 287.

²⁷ J. Bertin, *ibidem*.

Les difficultés de la sommation

Deux chapitres permettent de préciser les obstacles et la solution apportée par l'ouvrage. La difficulté la plus considérable rencontrée par le livre vient avec les photographies du Limousin qui, si elles ne subissaient la pression cartographique en s'autorisant quelques indications de lieux ne signifieraient rien parce qu'elles n'auraient aucune *vérité iconique*. Ainsi, tandis que se construit la *présence référentielle* à partir d'une carte de France assortie d'un dispositif de cadres renvoyant à un index des territoires, une *présence iconique* se construit tout de même au fil des pages. Tout d'abord, des frontières administratives sont données par un contraste tonal qui interrompt les continuités paysagères entre le Limousin et les régions périphériques. Ce contraste de *zone* impose un contraste entre une *figure* sur laquelle se concentrera l'attention et un *fond*, qui pourra être négligé. Cette discrimination des valeurs est rendue nécessaire par le caractère continental du Limousin qui, placé au bord de la mer, recevrait dès l'abord un statut de *figure*. En effet, si le *point de vue à vol d'oiseau* tend à invalider les lois de la perspective atmosphérique, toutes les couleurs se trouvant désaturées en même temps du fait de la distance, il semble que la mer fonctionne toujours comme un *fond* dans la photographie aérienne.

Plusieurs propriétés argumentent ce statut. Tout d'abord, la mer oppose à la diversité chromatique de la terre une continuité contrastante. Ensuite, le bleu étant perçu comme la couleur la plus éloignée dans la profondeur, il tend à « pousser » les couleurs terrestres devant lui. Enfin, les contrastes de texture eau/terre tendent à marquer les contrastes chromatiques si bien que, comme l'explique Ninio, même si les lignes n'existent pas dans la nature, « la ligne de côte qui sépare l'eau de la terre est vue, de bateau ou d'avion, comme si elle avait été expressément dessinée à l'encre noire »²⁸. Il ressort que le Limousin n'ayant pas de frontière littorale, les contrastes qui permettront de produire un *contour* et de constituer la *figure* devront être construits.

A cette première difficulté inhérente à la sommation d'un *contour*, s'en ajoute une seconde liée à la structuration de la *plage*. En effet, au lieu de produire des *figures* identifiables susceptibles d'introduire une discontinuité dans l'image, le plan de conversion photographique transforme le magnifique modelé de la nature limousine en une *continuité texturale* qui ne devient signifiante qu'en raison d'une projection de noms de lieux, c'est-à-dire par la médiation cartographique. Les discontinuités qui font le charme du paysage limousin vu du sol et donnent prise à la signification s'évanouissent lorsqu'on les observe du ciel et laissent place à une granularité, à cette *répétition* d'éléments qui caractérise la *texture*²⁹.

²⁸ Jacques Ninio, *L'empreinte des sens, Réception, mémoire, langage*, Odile Jacob ed., 1996, p. 65.

²⁹ Je me permets de renvoyer le lecteur à la description de la dimension de la texture faite dans Anne Beyaert-Geslin, « Texture, couleur, lumière et autres arrangements de

Une telle difficulté suffit à révéler les prises significatives sur lesquelles se construit la *présence iconique*. Elle montre que la figurativité s'appuie tout d'abord sur la structure naturelle du paysage, les fleuves et la mer, et profite aussi de certains renforts du relief puisque la stratification du paysage de haute montagne (la basse altitude autorise les cultures qui, à plus haute altitude, deviennent des alpages puis des rochers, la stratification se terminant éventuellement par un chapeau de neiges éternelles au sommet des montagnes) va se convertir en contrastes chromatiques lorsqu'on l'observera du ciel. Plus communément, la présence iconique manifeste l'appropriation culturelle de la nature sous forme de citadelles, d'aéroports ou d'autoroutes. Si ce rapide inventaire permet de comprendre pourquoi la topographie limousine, marquée par la nature et une altitude moyenne, se traduit par une *texture* et non par des *figures* lorsqu'on l'aperçoit du ciel, une comparaison avec une région littorale et industrielle montre, à l'inverse, comment une *présence iconique* s'impose d'elle-même en raison des propriétés du terrain. D'une part, la mer assume alors le contraste figure/fond et l'accentue par un effet de *contour* et, d'autre part, la diversité économique suffit à varier les espaces et à informer le plan de l'expression. Plus précisément, on s'aperçoit que la *présence iconique* d'une région littorale et industrielle s'impose en même temps que la *vérité référentielle*, la localisation facilitant la construction de la *figure*.

Pourtant, cette esquisse réclame quelques nuances. En effet, si la dépendance de la *présence référentielle* et de la *présence iconique* suggère une *corrélation directe* des valeurs, des paliers apparaissent en fonction de la hauteur du point de vue.

Tout d'abord, on s'aperçoit que la plus faible altitude conserve la référence à l'échelle humaine qui garantit l'identification de l'objet³⁰. Ainsi l'insertion d'un promeneur sur une image de dune permet-elle à la fois d'*identifier* le paysage (c'est une photo de dune et non une macrophotographie d'un bac à sable) et de localiser la *hauteur du point de vue* (la plus haute élévation terrestre et non celle de mon corps lorsque je vise le sol)³¹. Lorsqu'on s'éloigne en revanche, aucun objet du monde ne se laisse

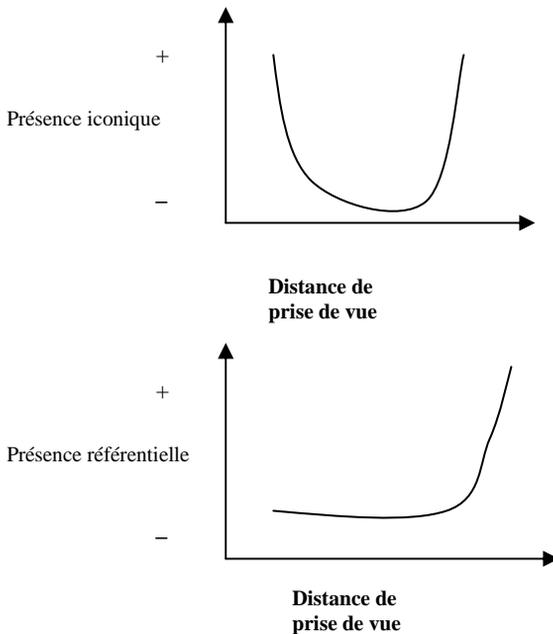
la perception », dans *Protée « Lumière(s) »* (M. Renoue dir.), vol. 31 numéro 3, hiver 2003-2004, pp. 81-90 et notamment p. 82.

³⁰ Simmel explique comment la figure humaine mesure l'espace : « *Quel que soit l'environnement dans lequel elle est placée (la figure humaine) est ressentie comme la norme qui détermine les quantités et proportions de ce qui l'entoure. A l'intérieur d'une image donnée, elle-même n'est donc ni grande ni petite, puisqu'elle est bien plutôt ce à quoi se mesure la grandeur ou la petitesse de tous les autres éléments* ». Georg Simmel, « La quantité esthétique », dans *Le cadre et autres essais*, traduction française de K. Winkelvoss ; « Die ästhetische Quantität » in *Der Zeitgeist, Beiblatt zum Berliner Tageblatt*, 2003 (p. 1903), p. 50. Ces propositions confirment celles de De Pictura d'Alberti et de Protagoras pour qui « l'homme est la mesure de toute chose ».

³¹ Certaines photographies de Yan Arthus Bertrand, confortées par la pratique du ciel, nous amèneraient à faire l'hypothèse que le basculement du *point de vue*

plus identifier à l'aune de l'échelle humaine et il faut parvenir à la plus haute altitude, celle du pays (avec les réserves que nous avons faites) mais surtout celle du planisphère, pour qu'un autre objet, géographique celui-ci, se constitue et s'offre à la signification. Se profilent ainsi deux attracteurs et deux stabilisateurs iconiques : l'échelle humaine et l'échelle du planisphère.

Mais une autre inflexion de la corrélation directe doit être mentionnée. Car si l'on rapporte cette *présence iconique* à la *présence référentielle*, on s'aperçoit que l'objet aisément identifiable à faible altitude perd néanmoins toute validité référentielle : on ne sait où le « raccrocher » pour parler trivialement. Resurgit alors une difficulté banale de l'analyse des tableaux où la focalisation du *détail* fait perdre la maîtrise conceptuelle qu'assure la visée englobante. Seule la vue à très haute altitude (au niveau du pays ou mieux encore, du planisphère) garantit à l'objet géographique une *présence iconique* alliée à une *présence référentielle*. On s'aperçoit donc que la distance régit différemment l'iconicité et la localisation spatio-temporelle, ce que traduisent deux schémas tensifs :



s'accompagne en certains cas d'un basculement axiologique. Ainsi pourrait-on assurer que les objets que nous jugeons beaux lorsque nous les voyons du sol ne résistent pas à la vue aérienne qui, en revanche, valorise de lieux aussi triviaux qu'une décharge publique ou une casse automobile. De surcroît, on ferait valoir que ce basculement du point de vue, au-delà d'une référence au Nouveau réalisme confortée par l'*accumulation* et la préservation d'un effet de *volume* des objets, induit un effet d'abstraction.

Conclusion

Notre étude des images aériennes révèle donc la coïncidence de la vérité iconique et référentielle mais introduit une stratification, des paliers de signification. Elle montre aussi la pression du modèle cartographie sur la photographie qui n'est après tout qu'une *pseudo carte* et la pression du plan pour les pratiques d'orientation, qui en fait un *pseudo plan*. Ceci nous amène à penser que la photographie peine à signifier ou plutôt que sa signification est d'abord tautologique : elle signifie ce qu'elle désigne. Lorsqu'elle décrit, c'est moins bien que les cartes et lorsqu'elle raconte, c'est moins bien que les plans.

Si la photographie aérienne prend sens en s'intégrant à différentes pratiques auxquelles elle apporte sa caution, elle s'intègre avant tout à une *pratique esthétique*. Celle-ci accorde aux images ces *valeurs mythiques* déjà évoquées mais permet aussi, plus simplement, d'ouvrir l'imaginaire esthétique parce qu'elle offre un nouveau point de vue sur le monde. En ce sens, l'imagerie scientifique aérienne diffère des images du corps sur une possibilité essentielle. En effet, si toutes les images du corps tendent à se ressembler sur un modèle unique, la discontinuité révélant toujours une *pathologie*, aucune image du ciel n'est semblable à l'autre et l'imaginaire de la terre est infini.

Bibliographie

- Roland Barthes, « Sémiologie et urbanisme », *L'aventure sémiologique*, Paris, Le Seuil, 1985.
- Jacques Bertin, *Sémiologie graphique, Les diagrammes, les réseaux, les cartes*, Les réimpressions de l'École des hautes études en sciences sociales, 1998 (1967).
- Anne Beyaert-Geslin, « Texture, couleur, lumière et autres arrangements de la perception », dans *Protée « Lumière(s) »* (M. Renoue dir.), vol. 31 numéro 3, 2003-2004, pp. 81-90.
- Anne Beyaert-Geslin, « Présentation », *Protée « Le sens du parcours »*, vol. 33 numéro 2, automne 2005, pp. 5-9.
- Anne Beyaert-Geslin, « Paysage et catégories topologiques », actes du colloque *Le paysage*, en ligne], Nouveaux actes sémiotiques <http://revues.unilim.fr/nas>.
- Jacques Fontanille, *Sémiotique du visible, Des mondes de lumière*, Presses universitaires de France, 1995.
- Jacques Fontanille, « Lumières, matières et paysages », dans *Protée « Lumière(s) »* (M. Renoue dir.), vol. 31 numéro 3, 2003-2004, pp. 17-30.
- Jacques Fontanille, « Les systèmes d'imagerie scientifique, Questions sémiotiques », *E/C, Rivista dell'Associazione italiana di studi semiotici*, mis en ligne le 2 mai 2007.
- Nelson Goodman, *Langages de l'art, une approche de la théorie des symboles*, traduction française de Jacques Morizot, Hachette, 2005 (1968).

Nelson Goodman, *Manières de faire des mondes*, traduction française de Marie-Dominique Popelard, Gallimard, 2006 (1978).

Algirdas-Julien, Greimas, *Sémiotique et sciences sociales*, Le Seuil, 1976.

Daniel Jacobi, *La communication scientifique, Discours, figures, modèles*, Presses universitaires de Grenoble, 1999.

Louis Marin, « La ville dans sa carte et son portrait », *De la représentation*, Gallimard-Le Seuil, 1994.

Jacques Ninio, *L'empreinte des sens, Perception, mémoire, langage*, Odile Jacob ed., 1996.

Images et diagrammes des objets et de leurs transformations dans l'espace¹

Luciano BOI

*Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales,
Centre de Mathématiques, Paris*

« J'aime les choses qui bougent, les choses flexibles que je peux transformer à ma façon » R. Thom, *Paraboles et catastrophes*, 1983.

1. Introduction : les divers statuts de l'image

Dans ce qui suit, on distinguera d'abord entre différents types d'objets et d'images qui sont censés les représenter, et notamment entre l'objet représenté dans et par l'image, et l'« objet-représentation » devenu un objet autonome dont la fonction de représentation s'est déplacée sur un autre niveau de signification. De la sorte, cet objet-représentation est capable de représenter des catégories d'objets ou des univers sémantiques autres que les objets qu'on appellera de « premier degré », c'est-à-dire ces objets reflétés dans l'image et dont on exige seulement qu'elle restitue une correspondance fidèle entre la réalité et sa figuration.

¹ Ce travail reprend et développe le contenu d'un cycle de séminaires et conférences données à l'Université IUAV de Venise en février 2008 sur les thèmes : « *Morphologie spatiale, dynamique de la perception et émergence du sens* », et « *Diagrammes : aspects formels, épistémologiques et sémiotiques* ». La partie qui traite de la question du statut de l'image en sciences (mathématique et physique) avait déjà été présentée sous forme d'exposé au colloque organisé en juillet 2007 à l'Université de Urbino par le « Centro Internazionale di Semiotica e Linguistica » sur « *Le statut de l'image dans le discours scientifique* ». Je tiens à remercier en particulier tous ceux avec qui j'ai pu discuter certains des sujets abordés dans ce travail, en particulier : Paolo Fabbri, Simona Morini, Pino Paioni, Giulio Giorello, Fabrizio Gay, Claudio Bartocci, Liliana Albertazzi, Maria Giulia Dondero, Alvis Mattozzi, Tiziana Migliore, Federico Montanari et Piero Polidoro. Leurs questions, suggestions et remarques critiques m'ont été très utiles pour la rédaction de ce texte.

On cherchera ensuite à montrer que, pour que l'image devienne elle-même objet de représentation, c'est-à-dire un univers sémantique qui exhibe ou déploie de nouvelles relations et structures sémiotiques, et par conséquent des éléments de connaissance nouveaux par rapport à l'image et à l'objet ou aux objets qu'elle représente, il faut qu'elle acquière le statut d'une « forme » (*gestalt*) dont toute fonction (prétendue simple) de correspondance ou de figuration fidèle de la réalité est abandonnée au profit d'une production inventive de réalité. Cela devient possible grâce en particulier à l'une des caractéristiques fondamentales que présente la forme, qui est que ses principaux composants (ou éléments constitutifs) illustrent, par un processus d'idéation et d'intuition créatrice, des propriétés essentielles du processus réel que l'on cherche à se représenter. L'ultime but de cette opération est naturellement d'arriver à mieux comprendre le(s) comportement(s) du processus.

On illustrera cette question importante des différents statuts de l'image et de la représentation par trois exemples empruntés aux sciences physico-mathématiques et à la psychophysologie de la perception.

2. Le niveau symbolique de la perception et la structure des théories physico-mathématiques

Dans le premier exemple, on montrera la nécessité de parler d'un niveau *symbolique* et/ou *scientifique* de la perception. Celui-ci prolonge la perception au-delà des limites physiologiques et physiques, et elle est fondamentale en vue de connaître les structures invisibles (par exemple, microscopiques comme les atomes et les molécules) ou les phénomènes à très grande échelle ne pouvant pas être perçus directement (par exemples, les astres et les galaxies très lointaines). Ainsi, les interactions électromagnétiques sont si faibles qu'aussi bien à l'échelle cosmique qu'à celle microscopique un coup d'œil jeté sur le système physique n'aura aucun effet sur lui. Ici interviennent de façon fondamentale la théorisation conceptuelle et les modèles abstraits. Les yeux du corps et les images rétinienne sont en fait remplacés par les « yeux et les images de l'esprit », dont dépend non pas (ou non pas seulement) ce qui peut être actuellement vu, mais aussi ce qui devrait ou pourrait être vu.

C'est dire que le propos de toute théorisation scientifique véritable consiste à extraire les propriétés apparentes (observables) des phénomènes à partir de leurs mécanismes de transformation sous-jacents. On peut dire que la principale tendance des sciences expérimentales modernes, et de façon encore plus marquée aujourd'hui, a été de privilégier le besoin d'une description (plus ou moins exhaustive) du visible et de reléguer en second plan la question de la compréhension de l'invisible. À ce propos, René Thom a fait des remarques très intéressantes :

Les linguistes (tout au moins en France) ont été très peu réceptifs à la théorie, et en particulier à la théorie de l'analogie. [...] La situation est très semblable à celle des biologistes [...] et je crois même que les raisons sont les mêmes.

Les biologistes s'intéressent aux mécanismes visibles, aux *mécanismes de surface* — même s'il peut sembler étrange de parler des chromosomes ou de l'ADN comme des mécanismes de surface. De façon analogue, les linguistes s'intéressent à la morphologie linguistique telle qu'elle apparaît à l'analyse immédiate. Mais les structures dites « structures profondes », même dans la théorie transformationniste, ne sont pas si profondes qu'on le croit ! Ce ne sont que des classes d'équivalence entre structures de surface, à travers des transformations assez banales. Ce qui, en revanche, serait beaucoup plus intéressant à mettre en évidence, selon moi, c'est la dynamique génératrice des structures profondes... tout comme en biologie, il serait intéressant de mettre en évidence les processus dynamiques qui engendrent les morphologies biochimiques étudiés par les biologistes².

Dans ce contexte, l'image n'a plus aucune fonction de figuration, et ce n'est pas sa plus au moins grande ressemblance à la réalité qui lui confère un pouvoir de description ou d'explication, mais bien plutôt sa capacité de se représenter ou de s'imaginer les processus et les phénomènes physiques au-delà de leurs apparences visibles. L'image se trouve ainsi entièrement « sémiotisée », car elle renvoie désormais à des modèles abstraits et à des structures de relations sémantiques d'où émerge un autre niveau de réalité avec ses propres propriétés et comportements que l'on suppose, en définitive, avoir une existence effective.

Pour rester dans notre exemple emprunté à la physique des particules, ce type de vision doit être capable de « voir » dans l'espace de phase de la mécanique, dans l'espace des événements élémentaires de la théorie probabiliste, dans l'espace-temps courbe et à quatre dimensions de la relativité générale, dans l'espace projectif complexe de dimension infinie de la théorie quantique. Pour comprendre ce qui est visible aux « yeux réels », nous devons savoir qu'il s'agit uniquement de la projection sur la rétine d'une section ou de la silhouette d'un univers à un nombre très grand ou infini de dimensions. Or précisément l'image, conçue au sens habituel et figuré du terme, ne peut pas rendre compte d'un tel univers. Il a fallu ainsi inventer un répertoire de formes (modèles, diagrammes, graphes, dessins, etc.) pour décrire et expliquer cet univers et ses propriétés. Ce processus de « sémiotisation » est de plus en plus un élément intégrateur de la description théorique du monde, et il constitue désormais un élément essentiel de la construction conceptuelle des sciences physiques et mathématiques.

Les diagrammes de Feynman constituent un magnifique exemple de ce point de vue, et il est un mode de pensée parmi les plus significatifs de la physique du vingtième siècle. On peut le voir comme une sorte de grammaire générative douée d'un pouvoir de création de modèles théoriques et d'interactions possibles entre des particules physiques mais immatérielles.

² R. Thom, *Paraboles et Catastrophes*, entretiens sur les mathématiques, la science et la philosophie réalisés par G. Giorello et S. Morini, Flammarion, 1983).

Ces modèles théoriques³, symbolisés par des diagrammes se générant les uns à la suite des autres grâce à une méthode d'invention, représentent un processus en devenir. Celui-ci permet, en effet, d'appréhender le sens d'un monde physique (celui des champs et des particules subatomiques) invisible et inaccessible à notre perception, d'abord à travers la construction dynamique d'un espace à un nombre n très grand de dimensions (où n est inconnu), puis en projetant cet espace sur une simple surface bidimensionnelle, mais qui n'en recèle pas moins des possibilités cachées.

Limitons-nous à citer les deux autres exemples. (i) La force et l'importance des images en topologie pour permettre d'explorer et de mieux appréhender les transformations des formes possibles des objets et leurs relations réciproques, notamment la *relation d'équivalence* qui permet de définir de façon naturelle la notion importante de *type (invariant) topologique*. Le principal intérêt de cette notion vient de ce qu'elle permet une caractérisation morphologique des propriétés actuelles et potentielles des espaces. (ii) La qualité sensible *couleur*, dont on essayera de mettre en évidence son organisation en plusieurs niveaux de constitution et ses différents statuts de représentation, et à laquelle, ensuite, on associera une gerbe de significations qui se déploient et varient en fonction du plexus perceptif et/ou sémiotique. À partir de cet exemple, c'est un point général qui nous importe de souligner, à savoir le caractère dynamique de l'émergence des qualités sensibles, la multiplication de leurs effets morphologiques prégnants et les changements de signification qui peuvent en résulter.

3. Le rôle et la force de l'image dans la visualisation topologique

Le deuxième exemple est pris de la discipline mathématique qui est le domaine par excellence des images (des figures, des dessins) au sens nouveau et particulier que nous venons de préciser, à savoir la topologie. C'est la partie la plus abstraite (mais, dans un autre sens, la plus concrète) des mathématiques, qui se définit comme cette science des transformations d'objets étendus et d'espaces plus ou moins abstraits par déformations continues, c'est-à-dire sans coupures ni déchirures. Dans ce domaine des mathématiques, les notions de distance et de longueur ne jouent plus aucun rôle, et le concept de congruence (de coïncidence par superposition) se révèle impuissante à rendre compte de la similitude et des relations intrinsèques entre deux objets, deux figures, deux surfaces, ou, plus généralement, entre deux espaces abstraits. Le critère de similitude par superposition ou par reproduction des grandeurs, et donc la notion même de ressemblance visible, perd tout son sens en topologie. Dans aucun autre domaine des mathématiques, l'éloignement de la réalité visible et du modèle de la figuration est aussi important comme ce l'est en topologie, où un concept

³ Nous décrivons en détail ces modèles théoriques dans l'ouvrage à paraître, *Morphologie de l'invisible. Transformations d'objets, formes de l'espace et pensée diagrammatiques (topologie, physique, sémiotique)*, Presses de l'Université de Limoges, 2010.

beaucoup plus subtil et proche de la structure intrinsèque des objets joue un rôle fondamental, il s'agit du concept qualitatif (au sens topologique, c'est-à-dire où n'interviennent pas de relations métriques) d'*équivalence* ou d'*homéomorphisme*.

Rappelons que la topologie est cette branche des mathématiques où la géométrie est souple : deux configurations deviennent équivalentes dès qu'elles ont « la même forme ». Il n'y a par exemple aucune différence de nature topologique entre une tâche d'ancre et un disque, entre un carré et un cercle, ou encore entre une sphère et un ellipsoïde. Cette propriété d'avoir la même forme s'exprime rigoureusement en mathématique par la notion d'homéomorphisme. De manière plus générale, l'objet de la topologie est précisément de mettre en évidence des invariants qui rendent compte de certaines propriétés des objets qu'elle étudie. Parmi les premiers invariants mis à jour, citons la célèbre caractéristique d'Euler-Poincaré, découverte par Euler en 1752 : dans un polygone convexe (un polyèdre est convexe si toutes ses diagonales sont contenues dans son intérieur), le nombre de ses faces et sommets, diminué du nombre de ses arêtes, vaut toujours 2. Plus récemment, un autre exemple particulièrement important est la découverte en 1983 de nouveaux invariants de nœuds : les polynômes de Jones, qui permettent, entre autres, de distinguer certains types de nœuds de leurs images dans un miroir. Toutefois, certains nœuds admettant des polynômes de Jones identiques, la recherche d'invariants à même de distinguer tous les nœuds demeure largement ouverte, preuve que la topologie recèle encore de nombreux mystères.

Les objets de la topologie, nommés *variétés topologiques*, forment un zoo difficilement concevable tant il est riche. Ici, les notions d'*homéomorphisme* (équivalence topologique entre deux variétés), de *bord* (ou *frontière*) et d'*orientabilité* (ou *non-orientabilité*) sont d'une importance capitale, car elles permettent de caractériser les propriétés *globales* des espaces. Pour les surfaces (variétés de dimension 2), par exemple, un rectangle (plein) est homéomorphe à un cylindre — pour réaliser l'homéomorphisme, il suffit d'appliquer le principe de recollement ou la notion identique d'ensemble quotient. On peut aussi courber d'un demi-tour le rectangle (pourvu qu'il soit assez long), et on obtient alors le célèbre *ruban de Möbius*. C'est l'exemple le plus simple de surface *non-orientable* : le ruban de Möbius n'admet en effet qu'une seule face. Toujours en appliquant la technique du recollement, on peut superposer les bords (les deux cercles) d'un cylindre, et l'on obtient ainsi un *tore*. Tout comme la sphère, le tore est une variété sans bord et orientable, mais, du fait du trou qu'il présente en son milieu, il n'est pas homéomorphe à la sphère, c'est-à-dire que les deux variétés bidimensionnelles ne peuvent pas être déformées continuellement l'une dans l'autre. Coller les bords d'un cylindre avec des orientations opposées, c'est une opération qui peut se faire uniquement dans l'espace à quatre dimensions, alors que les transformations citées jusqu'à maintenant peuvent être réalisées dans notre espace à trois dimensions. La raison pour laquelle il faut ajouter une quatrième dimension, réside en ce que l'opération nécessite

en effet de passer par l'intérieur du cylindre, d'où un croisement problématique dans notre espace à trois dimensions. L'objet obtenu s'appelle une *bouteille de Klein*. Cet objet « vit » dans un espace à quatre dimensions, et il constitue le premier exemple de variété à la fois sans bord et non-orientable : contrairement à la sphère ou au tore, elle n'a ni intérieur, ni extérieur !

Pourquoi ne peut-on déformer, sans le déchirer, une sphère en un tore ? Comment décrire, et surtout caractériser les différentes variétés ? La réponse à ces questions est contenue pour l'essentiel dans les travaux de Poincaré à la fin du XIX^e siècle sur l'*Analysis Situs*, qui marquent la naissance de la topologie algébrique moderne. Poincaré y expose l'idée géniale d'associer aux variétés des invariants qui ne sont plus des nombres, mais des structures algébriques complètes ! Ces structures sont des « groupes ». L'étude de ces groupes constitue l'objet d'étude de la topologie algébrique (et sous une forme plus élaborée, de l'algèbre homologique). Les découvertes de Poincaré s'articulent autour de deux grandes idées : d'une part, il est possible d'associer à une variété ses « groupes d'homologie », d'où une nouvelle interprétation de la caractéristique d'Euler-Poincaré et des nombres de Betti (comme dimensions des groupes d'homologie) ; d'autre part, de nombreuses informations relativement à une variété peuvent être codées dans un objet appelé « groupe fondamental » (ou « groupe de Poincaré »). Les deux notions ne sont pas complètement étrangères puisque le premier groupe d'homologie se déduit aisément du groupe fondamental, en des termes plus précis, le premier groupe d'homologie est l'abélianisé du groupe fondamental, c'est-à-dire le quotient du groupe fondamental par son commutateur. Pour expliquer de manière intuitive cette notion fondamentale introduite par Poincaré, on a besoin maintenant plus d'élastiques que de colle ! Plus exactement, l'objet mathématique qui nous intéresse porte le nom de « lacet » et, à quelques subtilités près, c'est simplement une courbe fermée dessinée sur une variété.

Comme d'habitude en topologie, nous pouvons manipuler librement ces élastiques (sans toutefois les rompre) et lorsque l'on peut passer d'un lacet à l'autre par une déformation continue, on dit d'eux qu'ils sont « homotopes ». Sur le plan et la sphère, il n'est pas difficile de se convaincre que deux lacets sont toujours homotopes ; en d'autres termes, ces surfaces jouissent de la propriété de la « simple connexité ». (Cette propriété joue un rôle essentiel dans la formulation de la conjecture de Poincaré). La situation est cependant différente pour la plupart des autres variétés ! Par exemple, les lacets sur un cylindre se scindent en deux catégories : ceux qui sont enroulés autour du cylindre et les autres. Il est en effet impossible de déformer continument et en restant sur la surface du cylindre les lacets de la première catégorie pour obtenir ceux de la seconde catégorie. De même on peut identifier trois catégories de lacets pour le tore. L'objet du groupe fondamental est précisément de classer les lacets d'une variété selon qu'ils sont homotopes ou non (en incorporant au passage des informations supplémentaires, comme le « nombre d'enroulements »). La complexité

d'une variété se reflète ainsi sur son groupe fondamental, et certaines opérations (comme les recollements) se traduisent par des « calculs » sur les groupes fondamentaux. Une variété dont le groupe fondamental est le plus simple possible, tels le plan ou la sphère, est dite « simplement connexe ». A l'opposé, le tore, le cylindre, le ruban de Möbius et bien d'autres variétés ne sont pas simplement connexes. Parmi toutes les surfaces, la sphère occupe ainsi une position singulière, car c'est la seule à être à la fois sans bord, « compacte » (ce qui signifie *grosso modo* qu'elle est bornée dans l'espace, contrairement au plan) et simplement connexe. Guidé par son intuition géniale, Poincaré a deviné que ces propriétés (absence de bord, compacité et simple connexité) caractérisaient non seulement la sphère usuelle mais aussi les sphères de dimension supérieure. Les cercles et les sphères ont en effet des grandes sœurs dans les espaces à quatre dimensions et plus. Ses résultats et ses intuitions l'ont ainsi conduit à énoncer sa conjecture : *toute variété compacte de dimension $n = 3$ (ou plus), sans bord et simplement connexe, est homéomorphe à une sphère de dimension n .*

La représentation en topologie ne peut se passer d'un processus de « visualisation mathématique » (d'idéalisation ou d'imagination). Cette visualisation fait appel à un nouveau type d'intuition, plus conceptuelle et en même temps plus picturale (diagrammatique), et résolument éloignée des sensations immédiates et de l'intuition empirique. En topologie, la figure, le dessin, le diagramme ou le graphe (dans ce contexte, nous attribuons à ces mots le même statut) ne sont plus l'image de quelque chose, d'un objet extérieur que l'image se chargerait de représenter, mais sont eux-mêmes l'objet qui représente un univers de relations et de propriétés « cachées » absentes de l'image. On peut ainsi dire qu'en topologie, la « sémiotisation » du statut de l'image est encore plus développée par rapport à d'autres sciences et elle a atteint un niveau très fin. La topologie permet une autre approche dans l'étude des objets qui ne se retreint pas aux relations quantitatives de grandeur et aux aspects visuels, mais considère davantage la forme (l'« image ») dans sa globalité, ainsi que le spectre des variations possibles (continues ou discrètes) de ses configurations. Bref, la topologie a changé en profondeur notre pensée et culture scientifiques de l'image.

La pensée topologique concerne de près l'apparent dualisme entre modèles continus et modèles discontinus. Il est permis de penser qu'il est possible d'élaborer une théorie mathématique « idéale » capable de traiter, de façon cohérente, des situations et des systèmes qui évoluent en général de façon continue, tout en admettant des sauts discrets. Il semble d'ailleurs que, dans la nature, se produisent les deux types de changements comme s'ils découlaient d'un processus unique.

On peut illustrer ce qui vient d'être dit par l'exemple suivant : on sait qu'une séquence appropriée de changements de pression et de température peut faire passer continûment l'eau (ou tout autre liquide) à l'état de vapeur, sans qu'il y ait réellement ébullition. L'un des états a assumé l'identité de l'autre par une transformation continue. Mais on sait par ailleurs que l'ébullition de l'eau est ce qu'on appelle (dans le langage des catastrophes de

René Thom) « une catastrophe de type *fronce* ». Si la vapeur absorbe le liquide, c'est que l'eau entre brusquement en ébullition mais, pour que cela arrive, il faut changer la valeur d'une des « variables d'état » (en l'occurrence ce sera la température) ou bien la « variable dynamique » temps. En fait, de nombreux types de conflit entre deux états physiques interviennent lorsqu'on introduit du discret dans une situation continue.

La question des rapports entre modèles continus et modèles discrets doit pouvoir se ramener, en principe, à un problème de topologie. Il s'agit à ce moment-là : (i) de déterminer si deux variétés sont ou non topologiquement équivalentes ; (ii) d'établir une classification de toutes les variétés possibles ; (iii) de trouver toutes les façons de *plonger* une variété dans une autre (comme, par exemple, un cercle noué dans l'espace à trois dimensions) ; (iv) de déterminer si de telles insertions sont ou non les mêmes. Depuis que Poincaré a conjecturé en 1905 que « la seule variété à trois dimensions fermée et simplement connexe est la sphère (topologique) S^3 », beaucoup de résultats ont été obtenus. Aux environs de 1930, Henry Whitehead découvre à l'aide de la *théorie homotopique* comment l'énoncé de Poincaré peut se généraliser en dimension quelconque. Autrement dit, il découvre comment on peut donner à toute variété lisse une structure linéaire par morceaux, ou, selon la belle image du mathématicien Ian Stewart, « comment on peut déformer un œuf pour lui donner la forme d'une part de fromage ». Dans les années 1950, on a montré que toute variété topologique à trois dimensions a une structure lisse *unique*, c'est-à-dire (pour utiliser encore une image parlante) qu'un morceau de pâte irrégulier peut être transformé pour prendre l'aspect d'un œuf. Dans ce cas, l'œuf peut avoir des poignées, des trous ou des boutons : ce qui compte, c'est uniquement l'état de la surface.

Les *sphères d'homotopie* Σ^n , introduites par Whitehead, sont les variétés fermées ayant la propriété que, si on leur enlève un point, ce qui en reste peut être déformé continument en lui-même jusqu'à ce qu'il devienne un autre point. La conjecture de Poincaré généralisée dit qu'il n'y a d'autre Σ^n que S^n lui-même, autrement dit, une variété à n dimensions qui possède les mêmes groupes d'homotopie que la sphère à n dimensions. Σ^n est topologiquement équivalent à la sphère S^n . On vérifie facilement que ceci est vrai pour $n = 1$ ou 2 ; pour $n = 5$, le résultat a été prouvé par Steven Smale en 1956, et pour $n = 4$ par Michael Freedman en 1982. On connaît aujourd'hui, grâce aux résultats obtenus en 2003 par le mathématicien russe Grigori Perelman, la réponse complète pour $n = 3$, qui était le cas initialement considéré par Poincaré.

La conjecture de Poincaré (1904). *Soit M une variété compacte de dimension 3, simplement connexe⁴, alors M est homéomorphe à la sphère S^3 .*

Si on a à l'esprit le point fondamental qu'un espace où la courbure sectionnelle est constante, c'est-à-dire $K = -1, 0$ ou 1 si on normalise est localement isométrique à l'espace hyperbolique, à l'espace euclidien ou à la

⁴ Rappelons qu'une variété M est simplement connexe si tout lacet continu $S^1 \rightarrow M$ est continument déformable en un point.

sphère ronde (si de plus l'espace est supposé simplement connexe, on a une isométrie globale), on peut alors reformuler la conjecture de Poincaré comme un problème géométrique :

Conjecture de Poincaré (version géométrique). *Soit M une variété compacte, de dimension 3, simplement connexe, alors M peut être munie d'une métrique de courbure sectionnelle constante strictement positive*⁵.

En réalité, Perelman obtient trois résultats fondamentaux à la fois : il réalise à peu près le programme d'Hamilton sur le comportement du *flot de Ricci* et ses singularités, la conjecture de Poincaré et la conjecture de géométrisation de Thurston. Hamilton avait classifié les singularités du flot de Ricci et commencé par une analyse préliminaire de celles-ci. Mais les singularités sont des choses que les mathématiciens, en général, essaient d'éviter⁶. Au lieu de cela, Perelman s'aventura très avant dans les régions

⁵ Depuis les années 70, beaucoup de progrès ont été faits dans la compréhension des liens entre la topologie d'une variété et les géométries qu'elle peut porter. Le *Graal* poursuivi par les mathématiciens de ce domaine est la conjecture de géométrisation, qui affirme que toute variété compacte de dimension 3 admet une décomposition canonique en morceaux fondamentaux admettant une métrique homogène, c'est-à-dire une métrique telle que deux points quelconques ont des voisinages isométriques. En dimension 3, il n'y a que 8 métriques homogènes et parmi elles, trois de courbure sectionnelle constante. Pour les lecteurs peu familiarisés de la géométrie riemannienne, rappelons que si M est munie d'une métrique riemannienne g , c'est-à-dire de la donnée en chaque point x de M d'un produit scalaire g_x sur l'espace tangent T_xM , on associe à chaque plan vectoriel P de T_xM un nombre $K(P)$ qu'on appelle *courbure sectionnelle* de P . La notion de courbure sectionnelle généralise la courbure de Gauss des surfaces plongées dans \mathbb{R}^3 . La notion de courbure peut être généralisée de plusieurs manières et on peut lui associer différentes significations géométriques et topologiques.

⁶ Il existe bien sûr quelques remarquables exceptions, comme Henri Poincaré, Hermann Weyl, Hassler Whitney, et surtout Bernhard Riemann et René Thom, qui, exactement à distance d'un siècle l'un de l'autre (voir la référence bibliographique de Riemann de 1854, et celle de Thom de 1954), feront des singularités géométriques, algébriques et topologiques le point de départ d'un vaste programme de refonte des mathématiques. Pour une réflexion stimulante sur les différentes significations de la notion de singularité, nous renvoyons à R. Thom, « Philosophie des singularités », in *Apologie du Logos* (Paris, 1990), pp. 305-313. Citons Thom : « En fait, la singularité est toujours liée, de manière explicite ou implicite, à un processus global de nature propagative, défini sur l'espace ambiant au voisinage d'une forme. La singularité apparaît donc comme un obstacle (ou liée à un obstacle) s'opposant à la propagation d'un processus spatial. Comme les entités du monde extérieur sont — très souvent — détectées comme des obstacles à notre action, on comprend pourquoi la notion de singularité apparaît chaque fois que l'on veut prouver en science la présence d'une entité extérieure. Les modèles théoriques qui seuls permettent de stabiliser le prolongement analytique, reposent toujours sur la présence postulée d'entités théoriques (particules, champs) dont la manifestation empirique est l'obstacle à l'action. (...) Deux cas, assez différents, sont à considérer. Le premier, c'est celui de la singularité engendrée par le conflit d'un flux avec une forme-obstacle. (...) Dans le second cas, la singularité paraît due à un conflit de la structure propagative ambiante

proches des singularités du flot de Ricci, et résout complètement la question des singularités. Pour cela, il introduit de nouvelles fonctionnelles géométriques qui permettent de voir le flot de Ricci comme un flot de gradient. La croissance de ces fonctionnelles le long du flot permet alors de contrôler certaines quantités géométriques. En particulier on obtient un résultat de non effondrement local du volume des boules avec comme corollaire la minoration du rayon d'injectivité. Le contrôle passe à la limite et amène Perelman à considérer une classe particulière de solutions du flot qu'il appelle des κ -solutions. Perelman donne la classification complète des κ -solutions de dimension 3, obtenant des modèles pour toutes les singularités.

Un point culminant de son travail est le théorème des voisinages canoniques qui décrit la géométrie des flots de Ricci de dimension 3 aux points de grande courbure scalaire. Cette connaissance précise de la géométrie aux points de grande courbure permet de faire des chirurgies de manière contrôlée. Perelman démontre qu'on peut poursuivre ce flot avec chirurgie indéfiniment, et ce pour toute donnée initiale normalisée sur une variété compacte de dimension 3. Un argument simple de diminution du volume montre qu'il n'y a qu'un nombre fini de chirurgies sur chaque intervalle de temps fini. Par contre, elles peuvent se poursuivre pendant un temps infini. La variété peut devenir non connexe et certaines composantes peuvent disparaître lors des chirurgies, on dit qu'elles s'éteignent. Le point clé est que grâce au théorème des voisinages canoniques la topologie de ces composantes est connue. Il s'agit des quotients de la sphère S^3 , des produits $S^2 \times S^1$, d'espaces projectifs $\mathbb{R}P^3$ ou des sommes connexes d'espaces projectifs. Il peut même arriver que toutes les composantes de la variété s'éteignent en temps fini. Si la variété de départ est simplement connexe, on sait alors qu'il n'y a que des sphères et que la variété initiale est difféomorphe à la sphère S^3 .

C'est la stratégie développée par Perelman, où l'extinction du flot avec chirurgie en temps infini est prouvée grâce à l'annulation d'un invariant géométrique ad hoc. Une version de cette méthode, techniquement plus simple, permet de montrer que la largeur de la variété, une quantité géométrique calculée à l'aide d'un balayage par des sphères S^2 , décroît

avec elle-même. Autrement dit, la singularité est engendrée par le processus propagatif qu'elle limite. (...) [Mais] on aurait tort de voir dans la singularité le seul effet de l'incapacité d'un milieu spatial à accepter une certaine structure globale. On peut avoir le point de vue inverse, et prétendre qu'une singularité a un pouvoir génératif qui lui permet de structurer l'espace environnant. (...) L'opposition entre la singularité créée comme un défaut d'une structure propagative ambiante et la singularité qui est source de l'effet propagatif lui-même, pose un problème central que l'on retrouve dans presque toutes les disciplines scientifiques. La physique contemporaine admet plutôt le premier aspect : la particule est source d'un champ qu'elle génère. En relativité générale, la particule apparaît plutôt comme la singularité d'une métrique de l'espace-temps. On retrouve ici cette aporie fondamentale qui est au cœur de la mathématique. On la retrouvera jusqu'en psychologie : est-ce que nous parlons parce que nous pensons ou, au contraire, est-ce que nous pensons parce que nous parlons ?» (pp. 309-313).

jusqu'à zéro en temps fini le long d'un flot de Ricci lisse. On peut en déduire l'extinction en temps fini pour le flot avec chirurgie. La situation contraire est aussi considérée, l'évolution du flot avec chirurgie en temps infini et la géométrisation de la variété. En d'autres termes, Perelman prouva que, lorsque le flot s'écoulait, les points où survenaient des singularités donnaient des régions que l'on pouvait découper de la variété d'origine et qui présentaient des géométries homogènes au sens de Thurston. Après avoir coupé ces morceaux, on pouvait relancer le flot de Ricci et le laisser s'écouler jusqu'à ce que se forment de nouvelles régions à géométries homogènes. On pouvait à nouveau découper ces régions et relancer le flot.

On ne pouvait imaginer interaction plus fine entre géométrie et topologie. C'était presque comme si la conjecture de géométrisation de Thurston et le flot de Ricci avaient été conçus ensemble. Le flot de Ricci est un outil puissant qui façonne la variété l'étirant et la déformant, y découpant des morceaux à géométries homogènes. À la fin du processus, l'intégralité de la variété est décomposée en morceaux géométriques. On peut dire que la 3-variété est effectivement portionnée par le flot de Ricci en des sous-variétés ou, par analogie avec un organisme vivant, en des « variétés-filles ». Le résultat final est particulièrement signifiant. Considérons une variété de dimension 3 fermée et finie. On peut utiliser des méthodes standard de topologie différentielle pour la munir d'une structure géométrique. Considérons maintenant le flot de Ricci et laissons la variété évoluer en conséquence. Si la variété est simplement connexe, alors Perelman montre que le flot de Ricci, éventuellement après quelques chirurgies bénignes, finira par lisser les extrema de courbure, donnant au final une variété de courbure positive constante, homéomorphe à la variété de départ. Il est alors possible de montrer qu'une 3-variété simplement connexe et de courbure positive constante est nécessairement une sphère tridimensionnelle, ce qui résout donc la conjecture de Poincaré.

L'une des conséquences les plus importantes des travaux de Perelman est qu'il y établit un lien entre le flot de Ricci et un type de flot très différent qui, en physique quantique, fait le lien entre les différentes résolutions avec lesquelles est vu un espace. Le paramètre dans ce cas n'est pas le temps mais l'échelle et notre espace est modélisé non pas par une variété munie d'une métrique mais par un ensemble hiérarchisé de topologies et de métriques reliées par l'équation du flot de Ricci⁷.

Une variété topologique est un objet très flexible, qu'on peut tordre et replier à volonté. La géométrie classique, euclidienne et non euclidienne, s'intéresse à des objets beaucoup plus rigides, mais dont la structure est en même temps mathématiquement plus facile à traiter. Il y a une métrique, c'est-à-dire des distances qui se prêtent difficilement à être modifiées.

⁷ Ce genre de changement radical de point de vue rappelle la thèse d'habilitation de Bernhard Riemann, soutenue en 1854. Les mathématiques développées par Perelman (et d'autres avant lui) appartiennent clairement au nouveau siècle mais il est certain que la notion de hiérarchie de topologies et de métriques aurait plu à Riemann.

L'espace n'est pas extensible. Il y a trois géométries fondamentales, chacune applicable à une surface à courbure constante, et chaque type de surface topologique est associée à l'une de ces géométries, et peut être construit à partir d'elle. Plus précisément, on peut attribuer à chaque surface une métrique de courbure constante, soit nulle, soit négative, soit positive. Le choix ne dépend que d'un invariant topologique : le *nombre (entier) d'Euler* χ , appelé aussi *caractéristique d'Euler-Poincaré*.

Mais, du moment qu'on essaye de généraliser cette relation entre géométrie et topologie en trois dimensions et plus, plusieurs difficultés apparaissent. D'abord, les variétés à trois dimensions sont beaucoup plus compliquées que les surfaces. L'une des complications vient de ce que, au lieu des trois géométries possibles en deux dimensions, il y en a huit possibles en trois dimensions. En réalité, il faudrait parler d'au moins trois types de variétés : *linéaires par morceaux* (dans ce cas toute ligne droite d'un morceau doit se raccorder à une ligne droite de l'autre), *topologiques* (ce sont les variétés qui peuvent subir toutes sortes de déformations, pourvu que la notion de continuité soit préservée), *lisses* ou *différentiables* (les courbes régulières de l'un des morceaux doivent correspondre à des courbes régulières de l'autre). Or, il peut arriver qu'un théorème soit vrai pour les variétés de type linéaire par morceaux, mais pas pour les variétés lisses. C'est là une situation tout à fait remarquable, et une nouvelle complication s'ajoute alors aux précédentes. En effet, en 1963, John Milnor a découvert l'existence de plusieurs structures lisses (28 exactement !) sur la sphère à sept dimensions. En 1983, le mathématicien britannique S. Donaldson découvre que K^4 possède une infinité de structures différentiables dites « exotiques » ! Il reste deux questions fondamentales : d'abord, à quoi peuvent bien ressembler ces structures lisses exotiques de l'espace à quatre dimensions ? ensuite, dans quelles situations et sous quelles conditions est-il possible de passer de l'une à l'autre de ces trois types de variétés, ou quelles sont les formes possibles d'intersections entre le contextes topologique, différentiable et linéaire par morceaux ?

4. Les ordres de la couleur et ses fonctions de représentation dans la perception

Le troisième et dernier exemple concerne le statut de la couleur et sa fonction de représentation. Déjà Hering avait remarqué qu'il faut caractériser la couleur, si l'on en fait une analyse phénoménologique, moins sur des états subjectifs que sur des structures d'objets, plus comme une propriété que comme une sensation. Il ne s'agit pas, avec la vue, d'une intuition des rayons en tant que tels, mais de l'intuition des choses extérieures par l'entremise des rayons : l'œil n'a pas à nous instruire sur l'intensité ou la quiddité de la lumière qui nous vient des choses, mais sur ces choses mêmes. Il apparaît donc nécessaire, même du point de vue de l'optique physiologique, de distinguer ce type de « vue » qui se réduit à une réceptivité aux impressions lumineuses et à leurs différences et ce type de « vision » dans lequel le

monde intuitif se constituer pour nous. C'est ce qu'enseigne notamment la constance des choses vues.

Remarquons que, d'une part, la même « sensation de lumière » peut revêtir des significations objectives très différentes selon le contexte relatif aux modes de transmission et de diffusion de la lumière dans tel et tel milieu pouvant affecter, selon des modalités variées, notre perception des objets qu'y sont situés. Comme conséquence, on aura notamment que l'image et son contenu variera en fonction des changements à la fois du « milieu lumineux » et des modes de sa configuration et distribution dans l'espace ambiant. De l'autre, il est possible de montrer que plusieurs *ordres* se différencient dans le phénomène que nous nommons « couleur » et que selon l'appartenance à tel et tel de ces ordres le phénomène lui-même change entièrement pour nous de valeur, de signification. Dans le premier, on prend la couleur pour une « image lumineuse », saisie comme telle et interprétée selon sa détermination propre, sans que lui incombe la fonction de faire voir et de représenter un être objectif. Dans le second, le regard se tourne à l'inverse vers de pures déterminations objectives, et la couleur n'est jamais traitée que comme une trace (ou une empreinte) de l'être objectif qui apparaît en elle, sans qu'il soit nécessaire qu'on la considère selon son propre mode phénoménal.

De ce point de vue, la perception des choses et la perception des images lumineuses semblent peu compatibles ; la perception de la chose veut que les images lumineuses se retirent graduellement à l'arrière-plan où elles sont indispensables, pour que les « vraies » formes des choses émergent nettement à partir de cette contamination de plus en plus saillante du support ou du milieu spatial par la lumière. Au cours de ce processus, la lumière et avec elle l'image lumineuse se retirent au fond de la scène visuelle, et en même temps les contours des choses se précisent et s'organisent de telle sorte à permettre la formation de ce que nous appelons « figures ». Les figures (ou les *gestalts*) et par leur entremise les choses (les objets), sont donc à distinguer des images lumineuses. Si ces dernières se trouvent à l'endroit (au sens de « lieu topologique ») convenable et si elles se distribuent de manière appropriée, la perception de la chose a lieu. En revanche, là où les images lumineuses s'accroissent et envahissent la scène (le champ visuel) au point qu'on ne puisse plus les négliger, la perception et avec elle la possibilité même de re-connaître les choses et le monde qu'elles habitent, se trouble et se réduit.

On voit ainsi, par ces brèves considérations, qu'il y a un lien causal très précis entre l'ordre selon lequel une « couleur » entre en relation avec le sujet (avec notre perception consciente) et l'objet représenté par cet ordre : le changement de l'ordre des couleurs a pour conséquence immédiate le changement de l'objet représenté. Ce qu'on nomme ici *ordre des couleurs*, c'est très précisément cette « vue » produite par la *fonction de représentation* particulière que remplit la couleur dans chaque cas singulier. La simple couleur est ce qui nous représente les choses. Mais il ne suffit pas que la couleur soit là pour représenter des choses ; il faut en outre qu'elle s'organise, s'ordonne et pénètre dans des formes. Espace et forme nous sont

représentés par l'entremise de cet ordre des couleurs. Par rapport à la couleur, l'espace est donc quelque chose de représenté. La couleur même n'est pas représentée ; directement donnée, elle représente des formes dans l'espace. La forme, elle, représente la chose avec ses propriétés. La forme est cependant plus qu'un attribut ou une qualité de la chose, elle est un « objet » représenté qui à son tour a un pouvoir de représenter un monde d'objets, de phénomènes et d'événements autre que la chose accessible directement par l'image.

5. Nœuds, diagrammes des nœuds et formation de l'espace

L'information sur les « nœuds-surfaces » (c'est-à-dire les nœuds qui admettent une projection plane) dans l'espace tridimensionnel conçu mathématiquement, résulte d'une structure appelée *diagramme du nœud*. Pour l'étude mathématique des nœuds, la question fondamentale que l'on va se poser et à laquelle on essaiera de répondre est de savoir si deux nœuds sont-ils équivalents ? Si deux nœuds ne sont pas équivalents, on peut alors les distinguer, généralement au moyen d'invariants topologiques ou algébriques : l'un de ces invariants est le *groupe du nœud*. La plupart de ces invariants peuvent s'obtenir à partir de *diagrammes de nœuds*. D'ailleurs, si au moins deux nœuds sont équivalents, c'est que nous pouvons alors définir une *isotopie* qui nous montre l'existence d'une telle équivalence. Le concept topologique d'isotopie permet de définir une relation d'équivalence entre des variétés ou des sous-ensembles de R^n .

Définition. On dira que deux variétés⁸ M_1 et M_2 dans R^n sont isotopes s'il existe un mouvement non rigide (ou élastique) dans R^n qui amène M_1 à coïncider avec M_2 . Cela revient à dire que, si on a un objet P , et une famille continue de plongements

$$f_t : P \rightarrow R^n \quad \text{avec } f_1(P) = M_1 \text{ et } f_2(P) = M_2,$$

où $t \in I$, I est l'intervalle unité défini dans \mathbb{R} (le corps des réels). On appelle cette application une *isotopie de P* .

Il s'ensuit que deux variétés (ou sous-ensembles) de R^n seront dits *équivalentes* s'il existe une isotopie entre elles. Considérons, par exemple, un ruban de Möbius dans R^3 , M_1 . Prenons ensuite un exemple similaire et considérons un « ruban circulaire avec trois demi-torsions », M_2 . Il est facile de montrer que M_1 et M_2 ne sont pas deux variétés (ou sous-ensembles) isotopes. L'idée de la démonstration consiste à supposer que si elles étaient isotopes, alors les espaces (ensembles) à bord correspondants seraient équivalents : des cercles S^1 dans R^3 dans un cas, et des sphères bidimensionnelles S^2 dans R^4 dans l'autre. Mais ce n'est pas le cas, puisque le bord de M_1 est un nœud trivial (un cercle), tandis que le bord de M_2 est un

⁸ Par *variété*, on entendra ici un espace quelconque qui est localement identique (*homéomorphe*) à l'espace euclidien à n dimensions R^n , mais globalement, elle peut être très différent de R^n .

nœud non trivial, plus précisément un nœud de trèfle (la courbe nouée la plus simple dans S^3 ou R^3), formé de trois croisement et pour dénouer lequel il suffit une seule manipulation. Il importe d'ores et déjà de noter qu'il peut y avoir plusieurs diagrammes (ou projections planaires) d'un même nœud. Nous voudrions souligner en particulier que, dans de nombreuses situations, on peut se représenter le même objet de manières différentes, et cela dépend à la fois de la dimension de l'espace considéré et de la nature de la représentation choisie.

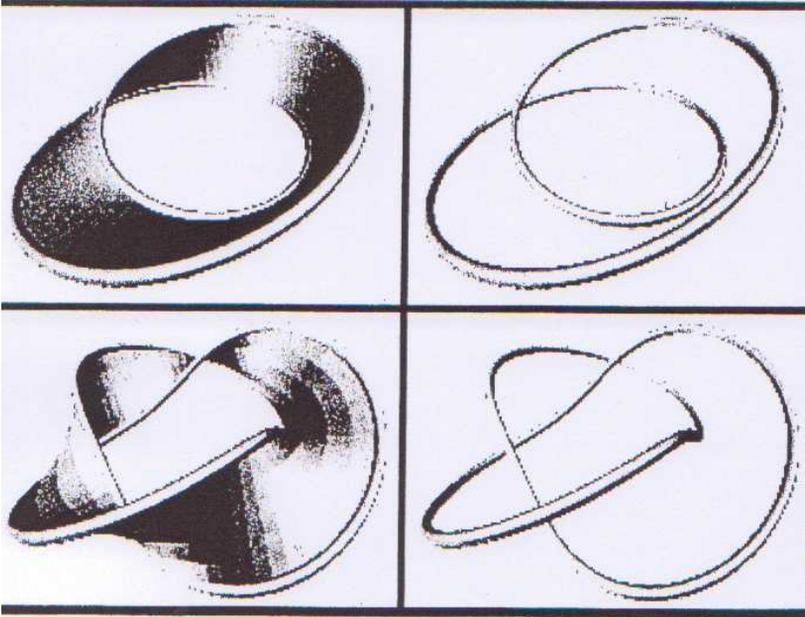


Fig. 1 *Différentes représentations du ruban de Möbius.* On obtient un ruban de Möbius en faisant tourner régulièrement un segment de longueur constante autour d'un cercle avec une rotation d'un demi-tour, ou plus généralement, d'un nombre impair de demi-tours ; ces divers rubans sont homéomorphes, mais non-isotopes dans R^3 (on ne peut passer continûment de l'un à l'autre), et pour chaque nombre de demi-tours, il existe deux classes d'isotopies, images-miroir l'une de l'autre. De plus, le ruban à trois demi-tours a pour bord un nœud de trèfle, et plus généralement, le ruban à $2p + 1$ demi-tours a pour bord un nœud torique d'ordre $(2p + 1, 2)$.

Une petite parenthèse est peut-être ici nécessaire pour expliciter le sens de quelques notions que nous venons juste d'utiliser. Je rappelle que l'*image* la plus familière du ruban de Möbius est une « bande circulaire qui présente une demi-torsion (un tour de 180° autour d'un axe) », appelée aussi « contorsion » (*writhe*) ; le tirebouchon et le tournevis en sont des exemples très significatifs. Plus précisément, il s'agit de l'*image* d'un *plongement* d'une variété de dimension 2, S^2 , dans l'espace « ambiant » R^3 . Citons enfin la

propriété contre-intuitive que cette variété n'est pas orientable (voir les figures 2(a) et 2(b)), ce qui veut dire, en des termes plus techniques, qu'il n'est pas possible d'y définir le groupe d'homotopie trivial $\pi_1(M^2)$. Les variétés qui admettent un tel groupe sont celles qui peuvent être déformées en un point. La propriété d'*orientabilité* est de nature globale et elle permet la mise en évidence de plusieurs caractéristiques très subtiles des espaces, que nous n'aborderont pas ici (le lecteur intéressé pourra se référer à notre travail (Boi, 2006)).

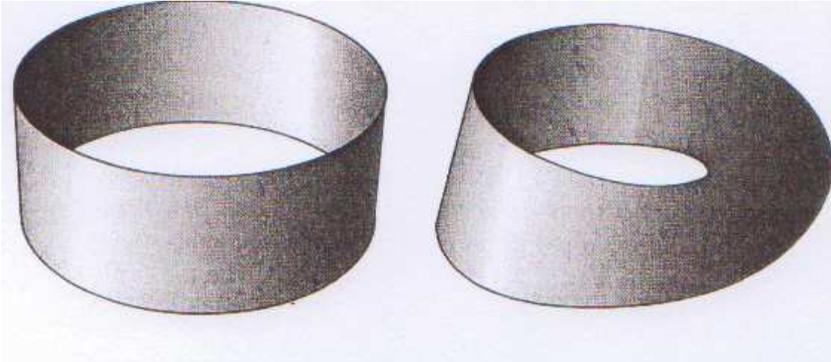


Fig. 2(a). Le cylindre et le ruban de Möbius ne sont pas isotopes. Le premier est orientable, le second ne l'est pas.

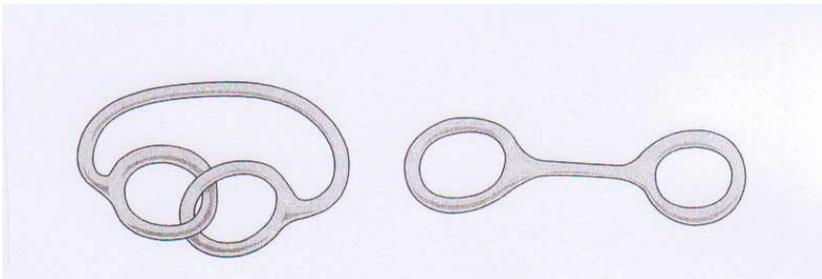


Fig. 2(b). Deux objets étonnement isotopes. Les deux sont orientables.

D'une manière générale, le concept de *plongement* permet de comparer deux objets entre eux, et de montrer, via une *injection*, que l'un des « objets » est un « sous-objet » de l'autre. Un autre concept important en topologie différentielle, à côté de celui de plongement, est celui d'*immersion*. D'une manière générale, le concept de plongement permet de comparer deux

objets entre eux, et de montrer, via une injection⁹ (c'est-à-dire une application d'un ensemble d'éléments quelconques dans un autre ensemble), que l'un des « objets » (ensembles) est un « sous-objet » (sous-ensemble) de l'autre. Formellement, ce qui précède peut s'écrire comme suit : si $f : X \rightarrow Y$ est une fonction injective et A est un sous-ensemble de X , alors $f^{-1}(f(A)) = A$. Ainsi, A peut être retrouvé à partir de l'image réciproque de $f(A)$. Rappelons quelques définitions.

Définition. Soient V et W deux variétés de classe C^k (éventuellement k infini), et f une application de V dans W . On dit que f est un C^k -plongement si pour tout x appartenant à V , le rang de l'application linéaire tangente $Tf(x)$ est égal à la dimension de V (elle est donc injective), et si en outre f est un homéomorphisme de V sur $f(V)$.

⁹ En des termes techniques, une application $f : X \rightarrow Y$ est dite *injective* ou est une *injection* si pour tout y dans l'ensemble d'arrivée Y , il existe au plus un élément x dans l'ensemble de définition X tel que $f(x) = y$. On dit encore dans ce cas que tout élément y de Y admet au plus un antécédent x (par f). De manière équivalente, f est dite injective si pour tout x et x' dans X , $f(x) = f(x')$ implique $x = x'$. Lorsque les ensembles X et Y sont tous les deux égaux à la droite réelle \mathbb{R} , alors une fonction injective $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ a un graphe qui intersecte toute droite horizontale en au plus un point. Si une application injective est aussi *surjective* elle est dite *bijective*. La définition formelle s'écrit comme suit : soit f une application de l'ensemble E dans l'ensemble F . f est dite injective si $\forall (x, y) \in E^2, (x \neq y \Rightarrow f(x) \neq f(y))$ ou $\forall (x, y) \in E^2, (f(x) = f(y) \Rightarrow x = y)$. Rappelons qu'une application est *surjective* si et seulement si tout élément de son ensemble d'arrivée a au moins un antécédent, c'est-à-dire est *image* d'au moins un élément de son ensemble de départ, ou encore si tout élément de son ensemble d'arrivée fait partie de son ensemble image, donc si son *ensemble d'arrivée* se confond avec son *ensemble image*. Formellement cela s'écrit de la manière suivante : soit f une fonction (application) de E dans F . La fonction f est dite *surjective* si et seulement si tout élément de l'ensemble F a au moins un antécédent par f dans E , c'est-à-dire si : $\forall y \in F, \exists x \in E, f(x) = y$. En d'autres termes, pour tout élément y de F , il existe au moins un élément x de E tel que $f(x) = y$. De manière équivalente : f est surjective si et seulement si son ensemble image se confond avec son ensemble d'arrivée F . Enfin, une application est dite *bijective* si et seulement si tout élément de son ensemble d'arrivée a un et un seul antécédent, c'est-à-dire est image d'exactly un élément de son ensemble de départ, ou encore si elle est injective et surjective. De manière équivalente, une bijection est une injection surjective ou une surjection injective. Les bijections sont aussi appelées *correspondances biunivoques*. Il est facile de montrer que l'existence d'une bijection entre deux ensembles *finis* signifie qu'ils ont le même nombre d'éléments. L'extension de cette équivalence aux ensembles *infinis* a mené au concept de *cardinal* d'un ensemble, et à distinguer différentes tailles d'ensembles infinis. Cantor a le premier démontré que, s'il existe une injection de X vers Y et une injection de Y vers X (pas nécessairement la réciproque de la précédente), alors il existe une bijection entre les deux ensembles. La définition formelle est facile à écrire : soit f une application de E dans F . f est bijective si et seulement si tout élément de l'ensemble d'arrivée F a exactement un antécédent par f dans l'ensemble de départ E , c'est-à-dire : $\forall y \in F, \exists! x \in E / f(x) = y$.

En topologie, un *homéomorphisme* est un *isomorphisme* entre deux espaces topologiques, c'est une *bijection continue* de l'un sur l'autre, dont la réciproque est continue. La notion d'homéomorphisme est la bonne notion pour dire que deux espaces (ou, d'une manière plus intuitive, deux objets élastiques, donc déformables) sont le « même » mais vus différemment. Philosophiquement, cela signifie qu'on peut envisager pour tout espace un processus morphodynamique qui nous permet d'avoir une « vision interne » des transformations dont il est susceptible. Exemples : une sphère est homéomorphe à un cube, et une tasse (un objet à une anse) est homéomorphe à une chambre à air (un objet à un trou). C'est la raison pour laquelle les homéomorphismes sont les isomorphismes de la catégorie des espaces topologiques.

Définition. Soient V et W deux variétés de classe C^k (éventuellement k infini), et f une application de V dans W . On dit que f est une C^k -immersion si pour tout x appartenant à V , le rang de l'application linéaire tangente $Tf(x)$ est égal à la dimension de V (elle est donc injective).

En modifiant légèrement la notation, on peut aussi dire qu'une immersion de X dans Y , où X et Y sont deux espaces topologiques, est une fonction lisse, f , qui envoie X dans Y , et dont la propriété fondamentale est d'être localement bijective mais pas globalement. De façon analogue, on peut définir une immersion comme une application lisse dont le différentiel, df , est non singulier.

On a ainsi la proposition intéressante qu'une variété immergée est l'image d'une immersion. Par exemple, le limaçon dont le graphe de la fonction en coordonnées polaires s'écrit : $r = \frac{1}{2} + \cos\theta$, est un cercle immergé dans le plan.

Le rôle que les concepts de plongement et d'immersion ont dans toute théorie morphologique de l'espace, et dans toute tentative de comprendre la signification des transformations auxquelles ces concepts peuvent donner lieu ne saurait en aucun cas être sous-estimé. Ils sont particulièrement importants pour comprendre les possibilités et les limites des relations que les objets-surfaces de notre univers mathématique peuvent avoir avec l'espace ambiant.

De ce point de vue, un plongement d'une surface dans R^3 est une représentation où le plan tangent est continu et où il n'existe aucun ensemble d'auto-intersection. La sphère et le tore peuvent être plongés dans R^3 . Une immersion d'une surface dans R^3 possède également un plan tangent continu, mais il y a présence d'un ensemble d'auto-intersection. Des exemples remarquables d'immersions sont la *surface de Boy* et la *bouteille de Klein*, qui, de ce fait, ne sont pas plongeables dans un espace de dimension 3. Considérons brièvement le retournement de la sphère. Retourner une sphère, qu'est-ce que cela veut dire ? Une sphère n'a pas nécessairement la même signification pour l'homme de la rue et pour le mathématicien-géomètre : c'est un objet qui a donc plusieurs significations, mais il n'est pas à exclure que certaines d'entre elles soient similaires. Communément, la sphère se définit comme étant, dans un espace à trois dimensions, le lieu des points

situés à une distance R d'un point fixe O de celui-ci. Un géomètre continuera à appeler « sphère » un objet qui correspondrait à une « sphère déformée », une sorte de « patate ». Mais on peut aller plus loin. Quand une surface est dite « régulière » on peut en chacun de ses points définir un plan tangent. Cela permet déjà d'envisager une infinité de déformations de la « sphère de départ » et une infinité de patates, quand de plus l'aire de la dite surface peut être quelconque (c'est-à-dire qu'elle ne se conserve pas). Ceci étant, dans un « univers physique » la personne qui déforme cette sphère se heurtera à l'impossibilité de la faire se traverser d'elle-même. Si ces traversements ou même ces contacts sont interdits, on parlera alors de *plongements de la sphère* S^2 (le plongement est donc un type de déformation lisse ou continument différentiable). Mais imaginons qu'une sphère soit un objet « virtuel » où les traversements de nappes deviennent possibles. Ainsi, une sphère peut « s'auto-traverser ». On appelle alors cette représentation¹⁰ de la sphère une *immersion*. Une immersion possède un ensemble d'auto-intersection (par exemple, une simple courbe circulaire). Le plan tangent doit varier continument. Ceci étant, quand on regarde les dessins, on voit que l'opération tourne bien une partie de l'intérieur de la sphère vers l'extérieur. Pour achever un tel retournement il faudrait écraser cette sorte de boudin équatorial. La chose semble *a priori* problématique. Cet écrasement romprait la continuité du plan tangent. L'opération comprend donc une étape qui ne serait pas une immersion. C'est le mathématicien Stephen Smale qui, en 1959, montra que *la sphère S^2 ne possédait qu'une seule classe d'immersions*. Le corollaire était qu'on devait pouvoir enchaîner une séquence d'immersions de la sphère permettant de passer de la « sphère standard » à sa représentation « antipodale », c'est-à-dire dont tous les points auraient été remplacés par leur antipode. Bref, une sphère retournée, recto-verso.

La surface de Boy est le nom donné au plan projectif réel $\mathbb{R}P^2$, muni de sa topologie quotient, car elle se définit comme le quotient de $R^3 \setminus \{0\}$ par la relation d'équivalence suivante : « deux vecteurs non nuls sont équivalents si et seulement s'ils sont colinéaires ». La surface de Boy peut aussi être « vue » comme une sphère dont on a recollé deux à deux les points antipodaux, ou encore un disque dont on a recollé deux à deux les points diamétralement opposés de son bord. On peut également la construire en recollant le bord d'un disque sur le bord d'un ruban de Möbius. Des nombreuses images correspondant à des étapes de la formation de la surface de Boy peuvent être obtenues en faisant croître un ruban de Möbius à trois demi-tours pour le transformer en surface de Boy, son bord circulaire convergeant vers un point.

¹⁰ Une considération annexe, ici, est que les surfaces peuvent être considérées comme des représentations polyédriques de la sphère, dans la mesure où ces objets ont la même topologie. En outre, on comprendra que s'il est possible de retourner une sphère, il est également possible de retourner un cube.

La bouteille de Klein est une surface fermée, sans bord et non orientable, c'est-à-dire une surface pour laquelle il n'est pas possible de définir un « intérieur » et un « extérieur ». Elle est impossible à réaliser dans l'espace à trois dimensions, car il faut alors qu'elle se traverse elle-même ; aussi, aucune réalisation que l'on peut voir de la bouteille de Klein n'est exacte. Dans R^4 , il est par contre possible de la réaliser sans auto-intersection. Il est possible de comprendre la structure de la bouteille de Klein en essayant de la « visualiser » dans un espace à 4 dimensions ; il suffit de s'imaginer qu'à l'endroit où la surface s'auto-intersecte, en réalité, la bouteille passe « dessus » et « dessous » au sens de cette quatrième dimension, et donc ne s'auto-intersecte pas. On peut en quelque sorte considérer que la bouteille de Klein est une surface qui fait un « nœud ». En tant que surface (objet à 2 dimensions), il lui faut 4 dimensions pour faire un nœud, de même que pour une courbe (objet à une dimension) il faut 3 dimensions pour faire un nœud.

On peut toujours transformer un plongement en une immersion. Prenons une sphère et amenons au contact, à l'intérieur, deux points par exemples antipodaux (des « pôles »). Dans cet univers « immatériel » des immersions, les surfaces peuvent s'auto-traverser. Il y a alors création d'une courbe d'auto-intersection (par exemple, un cercle).

Mais l'inverse n'est pas automatiquement possible. Ainsi le plan projectif ne peut être plongé dans R^3 , il ne peut y être qu'immérgé. La forme classique de cette immersion est la surface de Boy, qui possède un ensemble d'auto-intersection en forme d'hélice tripale, avec un point triple, où se croisent trois nappes. Même chose pour la bouteille de Klein, dont l'auto-intersection minimale est une courbe fermée. Les plongements peuvent être considérés comme des cas particuliers d'immersions, où l'ensemble d'auto-intersection est vide.

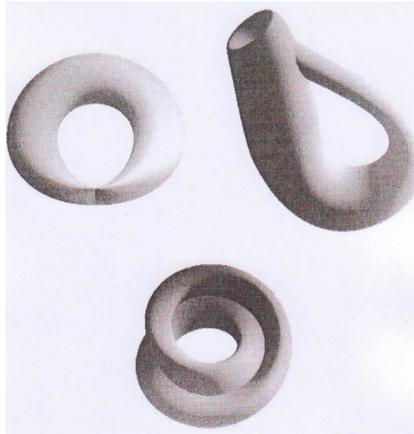


Fig. 3. *La bouteille de Klein et les dimensions de l'espace.* La bouteille de Klein est une surface fermée, sans bord et non orientable, c'est-à-dire une surface pour laquelle on ne peut pas définir un « intérieur » et un « extérieur ». Elle est un exemple d'une

extension du ruban de Möbius (une surface unilatère, qui n'a ni devant ni derrière) dans la quatrième dimension. La bouteille de Klein n'admet pas d'immersion dans l'espace à trois dimensions. En d'autres termes, elle n'est pas réalisable dans l'espace tridimensionnel R^3 , car il faut alors qu'elle se traverse elle-même ; aussi, aucune réalisation que l'on peut voir de la bouteille de Klein n'est exacte. Dans R^4 , il est par contre possible de la réaliser sans auto-intersection. Topologiquement, la bouteille de Klein est la somme connexe de deux espaces projectifs réels ; sa caractéristique d'Euler-Poincaré est nulle ; et ses nombres de Betti non nuls sont $b_0 = 1$ et $b_1 = 1$.

Rappelons que le plan projectif n'admet pas d'immersion dans l'espace à trois dimensions R^3 . En revanche, on sait maintenant (grâce à la découverte faite en 1901 par le mathématicien allemand et élève de Hilbert Werner Boy) que la surface de Boy réalise une immersion du plan projectif réel dans R^3 . Il est possible de construire cette surface de l'intérieur, ce qui permet de mieux en mettre en évidence ses propriétés topologiques. Le procédé consiste à se donner un point triple où s'intersectent trois plans définis par des systèmes de coordonnées planaires dans R^3 . En fait, le nombre des points triples d'une surface S immergée dans R^3 doit être congruent, modulo 2, au carré de la première classe de Stiefel-Whitney de S dans $H^2(S; \mathbf{Z}/2)$. L'exécution complète de cette construction permet d'obtenir la surface de Boy comme une immersion du plan projectif. Il s'agit d'une immersion linéaire par morceaux, mais ses arêtes et coins peuvent facilement être arrondis («lissés») de sorte à obtenir une immersion différentiable (lisse).

On obtient une construction inexacte (c'est-à-dire avec auto-intersection) de la bouteille de Klein dans R^3 , en prenant un carré initial et en collant les deux bords de la même couleur l'un contre l'autre dans le même sens des flèches. La figure obtenue est un cylindre, dont on veut identifier les deux bords à l'aide des flèches d'une autre couleur. Pour respecter le sens de ces flèches, il est nécessaire d'opérer une auto-intersection. La bouteille de Klein peut aussi être obtenue par recollement de deux anneaux de Möbius le long de leurs bords. Le plan de construction est facile à réaliser. La propriété qui constitue une preuve d'existence de cette construction est qu'une bouteille de Klein coupée en deux dans le sens de la hauteur par rapport à un plan de symétrie fournit bien deux rubans de Möbius. Il est possible de comprendre et de «visualiser» la structure de la bouteille de Klein à partir de la représentation suivante. Imaginons un individu vivant dans un monde plat, à deux dimensions. On essaye alors d'expliquer à l'individu ce qu'est un nœud. Pour cela, on lui dessine un nœud sur le plan : il ne voit qu'une courbe qui s'auto-intersecte. On lui explique alors que ce ne sont pas des points d'intersections qu'il voit, mais que la courbe passe « dessus » et « dessous ». Notre individu est interloqué : vivant dans un monde plat, il ne comprend pas ce qu'est le dessus ni c'est qu'est le dessous. Il lui manque une dimension, la troisième (le haut et le bas) pour pouvoir visualiser le nœud. Nous rencontrons le même problème lorsque nous essayons de visualiser la bouteille de Klein, puisque nous voyons une surface qui s'auto-intersecte. Néanmoins, si nous raisonnons avec une quatrième dimension, il suffit d'imaginer qu'à cet endroit, la bouteille passe «dessus» et « dessous » au sens de cette quatrième dimension, et donc ne s'auto-intersecte pas. On peut en quelque sorte considérer que la bouteille de Klein est une surface qui fait un « nœud ». En tant que surface (objet à 2 dimensions), il lui faut quatre dimensions pour faire un nœud, de même que pour une courbe (objet à une dimension) il faut 3 dimensions pour faire un nœud.

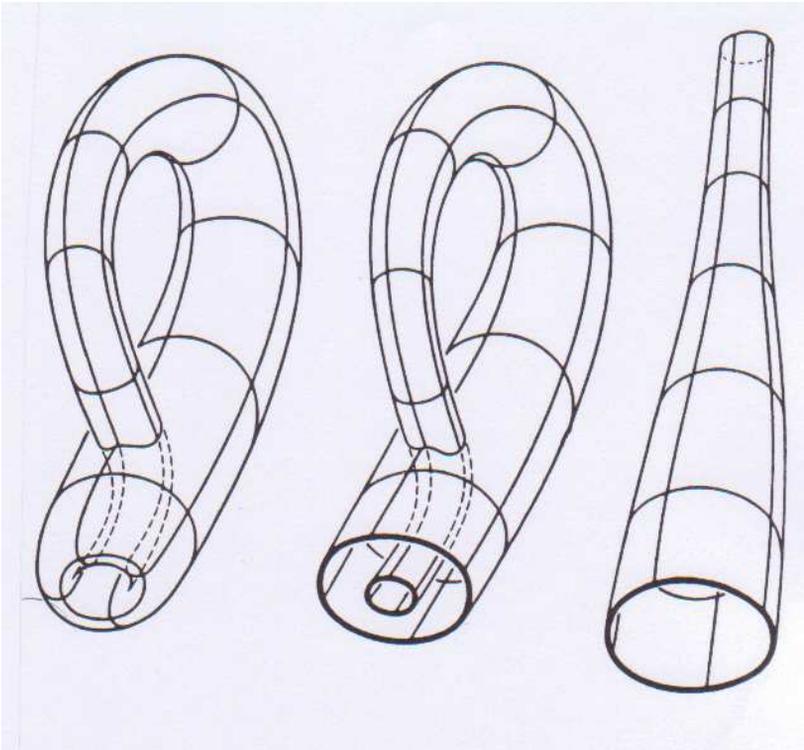


Fig. 4. Visualisation de l'homéomorphisme ou de la construction topologique des espaces. Il existe différentes méthodes de création de bouteilles de Klein. On désigne par *bouteille de Klein*, notée K , tout espace topologique homéomorphe à celui obtenu en identifiant dans un carré plein les côtés opposés avec inversion du sens pour l'un des couples. Cela revient donc à identifier les deux bords d'un ruban fermé sans torsion, avec inversion du sens. Nous pouvons réaliser les constructions suivantes : (fig. 4a) on coud 2 côtés opposés dans le même sens : on obtient un *ruban simple* (ou un cylindre tronqué) ; (fig. 4b) on coud 2 côtés opposés dans le sens contraire : on obtient un *ruban de Möbius* ; (fig. 4c) on coud les côtés opposés entre eux dans le même sens : on obtient un *tore* ; (fig. 4d) on coud les côtés opposés, un couple dans le même sens, l'autre en sens contraire : on obtient une *bouteille de Klein* ; (fig. 4e) on coud les côtés opposés en sens contraires : on obtient un *plan projectif*. On obtient donc aussi une bouteille de Klein en cousant deux rubans de Möbius bord à bord. Le ruban de Möbius étant un plan projectif troué, la bouteille de Klein est donc aussi la *somme connexe* de deux *plans projectifs réels*. Elle ne peut pas être plongée dans \mathbb{R}^3 , mais seulement immergée avec auto-intersection. (Voir la légende de la figure 3 pour plus de détails concernant les propriétés topologiques de la bouteille de Klein). Si la représentation classique ressemble bien à une bouteille, n'importe quelle surface engendrée par le mouvement d'un cercle (de rayon variable ou non) ou même d'une courbe fermée qui revient sur elle-même après rotation d'un demi-tour est une représentation de la bouteille de Klein. C'est dire qu'on peut obtenir plusieurs représentations différentes (ou divers modèles) de la *même* bouteille de Klein. On peut par exemple coller un demi-tore avec un demi-dôme de Bohème. On peut aussi faire tourner un huit avec un demi-tour : cette représentation permet de bien voir

comment la bouteille de Klein est obtenue en cousant bord à bord deux rubans de Möbius. Et la bouteille de Klein étant la somme connexe de deux plans projectifs, on en obtient une autre représentation en accolant deux bonnets croisés ouverts. Dans R^4 , on peut par contre effectuer le mouvement d'un cercle avec retournement sans que la surface obtenue ne présente d'auto-intersection. On peut également construire un modèle polyédrique de la bouteille de Klein. La bouteille de Klein percée (ce qui revient à être une surface unilatère à un bord de genre 2) peut être représentée par le slip de Möbius : on l'obtient en reliant un ruban fermé non torsadé par une bande. De même que le ruban de Möbius peut être généralisé en un ruban à n demi-tours (et l'on obtient topologiquement un ruban de Möbius seulement quand n est impair), la bouteille de Klein peut être généralisée en un bouteille à n retournements, qui n'est topologiquement une bouteille de Klein que lorsque n est impair.

6. Forme et force des diagrammes, de la physique à la sémiotique

Une partie fondamentale de la pensée physique au vingtième siècle est étroitement liée à l'invention de la méthode diagrammatique, due en grande partie au génie du physicien Richard Feynman, à qui l'on doit (avec Tomonaga, Schwinger et Dyson) la création en 1948 de l'*électrodynamique quantiquerelativiste* (*Quantum Electrodynamics* – QED) C'est une théorie quantique des champs ayant pour but de concilier l'électromagnétisme avec la mécanique quantique. C'est que l'on entend par champs est un concept qui permet la création ou l'annihilation de particules en tout point de l'espace. Mathématiquement, cette théorie a la structure d'un groupe abélien¹¹ avec un groupe de jauge $U(1)$. Le champ de jauge qui intervient dans l'interaction entre deux charges représentées par des champs de spin $\frac{1}{2}$ entiers est le champ électromagnétique. Physiquement, cela se traduit dans le fait que les particules chargées interagissent par l'échange de photons. Les photons ont un rôle fondamental dans les atomes : ils sont comme des cordes qui lient les électrons au noyau. L'électrodynamique quantique fut la première théorie quantique des champs dans laquelle les difficultés pour élaborer un formalisme purement quantique permettant la création et l'annihilation de particules ont été résolues de façon satisfaisante, grâce à la méthode dite de *renormalisation*, conçue afin de s'affranchir de quantités infinies indésirables rencontrées en théorie quantique des champs.

Les diagrammes de Feynman sont des représentations symboliques (concepts graphiques) permettant de calculer les interactions électromagnétiques et les interactions faibles. Ces représentations permettent de « visualiser » les interactions entre les particules élémentaires. Ainsi, par exemple : un proton peut se scinder pour former un pion et un neutron qui se réassembleront peu de temps après pour reformer le proton originel. D'une manière générale, les diagrammes de Feynman décrivent les processus qui ont lieu entre les particules subatomiques.

¹¹ Un *groupe abélien*, ou *groupe commutatif*, est un groupe $(G, *)$ où la loi de composition interne $*$ est commutative, c'est-à-dire que pour tous les éléments $a, b \in G$, on a $a * b = b * a$.

Les diagrammes de Feynman sont ordonnés dans le temps :

- (i) de gauche à droite, le diagramme représente l'évolution dans le temps, un processus commence à gauche et se termine à droite ;
- (ii) chaque ligne dans le diagramme représente une particule ; les trois types de particules dans la théorie la plus simple, l'électrodynamique quantique, sont l'électron (un fermion, c'est-à-dire une particule de matière), le positron (qui est aussi un fermion) et le photon (un boson, c'est-à-dire une particule messagère ou « virtuelle ») ;
- (iii) le déplacement vers le haut et vers le bas (verticalement) dans un diagramme indique le mouvement de la particule, mais rien ne montre la direction et la vitesse, si ce n'est que schématiquement ;
- (iv) chaque sommet, point où trois lignes se rencontrent, représente une interaction électromagnétique.

Les diagrammes de Feynman représentent les *collisions* entre les particules. La scène de ces collisions, c'est le monde physique, c'est-à-dire l'*image* du monde physique subatomique résultant de la projection de ce monde sur une surface bidimensionnelle sur laquelle on a dessiné des événements. Cette scène exige que l'on spécifie où et quand une certaine action, un certain événement a eu lieu. On a aussi besoin de spécifier les quatre directions : dessus-dessous, nord-sud, est-ouest et la direction de l'espace-temps passé-futur : les quatre coordonnées de l'espace R^4 (qui correspond au modèle d'espace-temps de Minkowski) qui comprend non seulement l'instant présent, mais aussi le passé et le futur. Un point de l'espace-temps correspond à un *événement*. Le point de départ de Feynman fut précisément de considérer particules, événements et espace-temps. Le plus simple des diagrammes de Feynman décrit le mouvement d'un électron d'un point a à un point b . La ligne avec une flèche désignant l'orientation représente le *propagateur* de l'électron. Le propagateur du photon est représenté graphiquement par une ligne ondulée ou en pointillés (discontinue).

Les propagateurs ne sont pas de simples dessins, car ils renferment des instructions pour calculer la probabilité qu'une particule quantique initialement située au point a apparaisse successivement au point b . Feynman eut l'idée radicale qu'une particule ne se déplace pas suivant un seul chemin particulier, mais qu'en réalité elle sonde tous les chemins possibles, aussi bien ceux discontinus que ceux rectilignes. Selon la théorie de Feynman, tous ces possibles chemins contribuent à la probabilité que la particule se déplace de a à b . Tout ceci est implicite dans le concept de propagateur. Les propagateurs concernent l'action coordonnée entre électrons et photons. Quand un électron est perturbé dans son mouvement, alors il peut répondre à une telle perturbation en *émettant un photon*. *Ce processus est l'événement fondamental de l'électrodynamique quantique* : tout comme la matière entière est constituée de particules, les processus sont tous constitués d'événements élémentaires d'émission et d'absorption.

Le diagramme qui représente l'événement d'émission d'un photon est appelé *diagramme de vertex*, il rassemble à la lettre Y, à un branchement

d'un arbre ou à une bifurcation : l'électron arrive au point de bifurcation (à la fourche) et émet un photon. Philosophiquement, il suggère une ouverture du réel vers plusieurs évolutions possibles ; ainsi, l'unicité se trouve brisée et cède sa place au multiple. Ce point singulier est plus qu'un signe graphique particulier, car il peut être vu comme l'origine d'un événement phénoménologiquement nouveau, et en même temps un lieu où ce qui est représenté acquière une autre signification. On pourrait pousser plus loin cette réflexion en affirmant qu'à tout nouveau point singulier (ou vertex) peut être associée une différente valeur sémantique : l'électron prend l'un des branchements, le photon prend l'autre. Le point (ou le lieu) où les trois lignes se rejoignent (l'événement correspond à l'émission du photon) s'appelle *vertex*. Dans les diagrammes de vertex, on dessine le passé pointant vers le bas, et le futur vers le haut. Le photon peut être soit émis soit absorbé.

On peut maintenant utiliser des propagateurs et des vertex pour construire des diagrammes et donc des processus plus complexes. À mesure que la pensée diagrammatique devient plus complexe, elle se trouve davantage associée à une combinatoire des mondes possibles, dans laquelle une variété de plus en plus étendue de significations équivalentes peut être mise en relation avec le même phénomène physique ou objet phénoménologique. Certains physiciens et en particulier Feynman en sont ainsi arrivés à penser que toutes les forces de la nature proviennent (non pas ontologiquement mais conceptuellement) de *diagrammes d'échanges* spécifiques dans lesquels un photon (ou son analogue) est émis par une particule et absorbé par une autre. La force électrique entre électrons, par exemple, s'obtient d'un diagramme de Feynman où un des électrons émet un photon, lequel est ensuite absorbé par un autre électron. En sautant d'un électron à l'autre, le photon produit la force électrique et magnétique entre les deux particules. Rappelons que les électrons ne sont pas les seules particules pouvant émettre des photons : toute particule possède cette propriété, y compris le proton. Cela signifie que les photons peuvent sauter aussi d'un proton à l'autre, ou d'un proton à un électron, et vice-versa. L'échange permanent de photons entre le noyau et les électrons engendre la force qui assure la cohésion de l'atome. Sans ces photons « sauteurs », l'atome se désintégrerait et l'ensemble de la matière cesserait d'exister.

Les diagrammes de Feynman peuvent être très compliqués ; dans ce cas, ils se transforment en des réseaux de vertex et de propagateurs entrelacés ; ces réseaux peuvent représenter des processus impliquant un très grand nombre de particules. C'est ainsi que d'objets simples (comme un seul photon émis par un seul électron) on passe à des objets complexes (plusieurs particules émises et absorbées). On peut ajouter des flèches autant qu'on veut, pour que les lignes continues deviennent des électrons ou des positrons.

Dans l'électrodynamique quantique, on a trois objets et concepts essentiels entre lesquels on peut établir plusieurs types de correspondances : les particules, les équations (et les calculs que l'on peut faire à partir de ces équations), les diagrammes, c'est-à-dire les représentations graphiques des particules et des équations. La correspondance fondamentale et sa principale

signification est celle qui va du diagramme vers les équations puis vers les particules. Les équations comportent déjà une interprétation qui exprime certaines propriétés et certains comportements des entités qui sont supposées appartenir en définitive au monde physique. Mais ce sont les diagrammes les objets déterminants, car ils sont les générateurs à la fois de nouvelles opérations symboliques et d'autres systèmes de signification. Dans l'objet diagramme on a des particules dans différents états, des propagateurs et des vertex, dont la dynamique est engendrée par une grammaire (algèbre) et une sémantique (topologie) plastiques. À cette grammaire et sémantique on peut associer des opérations fondamentales ou des opérateurs de pensée, lesquelles modélisent les transformations et les propriétés de processus physiques réels.

Pour conclure cette section, on soulignera les points suivants.

(i) Les diagrammes de Feynman ont révolutionné la physique théorique depuis les années quarante du siècle dernier. Ils ont permis de simplifier les calculs de l'électrodynamique quantique.

(ii) Ces diagrammes constituent de véritables images de ce qui se produit quand les particules élémentaires se déplacent dans l'espace, entrent en collision et interagissent entre elles. Un diagramme de Feynman peut être formé, soit de quelques lignes seulement pour décrire l'interaction d'une paire d'électrons, soit d'un très grand réseau de trajectoires ramifiées et nouées pour décrire l'ensemble des particules dont est constitué n'importe quel objet, du cristal d'un diamant jusqu'à un être vivant ou à un corps céleste.

(iii) Ces diagrammes se composent de quelques éléments de base impliquant tout ce qui peut être dit sur les particules élémentaires. D'un point de vue diagrammatique, il n'est pas injustifié d'affirmer qu'« un dessin vaut plus que mille équations ».

Les diagrammes sont un outil conceptuel essentiel pour comprendre le monde des particules élémentaires et le modèle qui décrit les forces fondamentales agissant à l'échelle microscopique, à savoir le modèle standard. Les diagrammes de Feynman sont un outil très puissant permettant de décrire les interactions entre les particules étudiées dans la théorie quantique des champs. Dans les diagrammes de Feynman, les propagateurs ne sont pas des simples dessins, ce sont bien plus des instructions pour calculer, dans le cadre de la mécanique quantique, la probabilité qu'une particule située au point *a* se manifeste ensuite (éventuellement par un ordre de successions) au point *b*. Feynman eut l'idée radicale qu'une particule ne se limite pas à se déplacer en empruntant un seul chemin, mais en sondant en quelque sorte tous les chemins possibles, aussi bien ceux casuels et ondulés que ceux rectilignes.

Feynman a utilisé ces ingrédients de base – qui font fonction d'éléments (et de règles) de sens, que sont les propagateurs et les vertex, pour construire des processus (ou des systèmes de signification) plus complexes. On voit dès lors que toutes les forces dans la nature dérivent de *diagrammes d'échange* dans lesquels un photon (ou son analogue) est émis par une particule et absorbé par une autre particule. D'une manière générale, le

diagramme est ici conçu en tant que *forme* d'un processus physique, un processus invisible et donc inaccessible à toute perception directe émanant uniquement de la vue, et son principal rôle est d'annoncer la force, en quelque sorte de l'objectiver. La force électrique entre deux électrons, par exemple, dérive d'un diagramme de Feynman où l'un des électrons émet un photon, lequel est ensuite absorbé par l'autre électron. En sautant d'un électron à l'autre, le photon (quanta de lumière) donne lieu à la force électrique et magnétique entre les deux particules.

En formant des réseaux de vertex et de propagateurs entrelacés, et même noués, on peut construire des diagrammes de Feynman de plus en plus complexes, pouvant représenter des processus qui comportent un nombre quelconque de particules. De ce point de vue, la théorie de Feynman propose un modèle de la matière qui va du simple au complexe.

Brève conclusion

Nous avons essayé de montrer que d'une manière générale, et plus particulièrement dans le cas des diagrammes de nœuds et des diagrammes de Feynman en électrodynamique quantique, les diagrammes n'ont pas été utilisés pour simplement « illustrer » quelque chose (objets et événements), mais plutôt comme des *opérations symboliques* (on pourrait dire, des *opérateurs*) de nature algébrique et topologique. De plus, les diagrammes permettent de montrer et connaître des propriétés topologiques de l'objet nœud concernant notamment leurs possibles transformations dans l'espace et leurs caractéristiques invariantes. D'ailleurs, une fois connues ces propriétés topologiques peuvent conduire à la découverte de nouveaux invariants algébriques des nœuds.

Les diagrammes ont un pouvoir gnoséologique car ils permettent d'explorer la structure interne de l'objet-nœud. Les diagrammes déploient la structure de l'objet, mais aussi du processus ou de la formule, en la projetant sur un espace de plus petite dimension, généralement le plan, où apparaissent clairement ses diverses interactions et articulations. Le diagramme donne à voir des changements que l'on peut effectuer dans la structure interne et dans la forme globale de l'objet.

Les diagrammes ne se limitent pas à offrir une image du monde tel qu'il nous apparaît, mais une construction symbolique et conceptuelle puissante, une clé de lecture et de réécriture des processus de la formation du monde « réel », une sorte de sémiodynamique ouverte de son devenir. De ce point de vue, le diagramme traduit la forme d'une manière de penser (ou d'une stratégie conceptuelle) que le physicien-géomètre est capable de donner à la matière, au monde physique. Cela revient à dire, en d'autres termes, que le diagramme constitue l'ensemble des qualités plastiques d'une pensée en train de se former comme modèle effectif, comme forme qui tend à s'objectiver dans des processus réels. Les diagrammes ont trois fonctions à la fois : (i) élucider des concepts en en déployant les articulations au sein d'une forme possible ; (ii) introduire de nouveaux concepts ; (iii) créer de nouvelles propriétés des objets que les diagrammes (graphes, arbres) modélisent.

On a vu, d'une manière non technique, que la structure mathématique de la physique des particules élémentaires se trouve exprimée dans la théorie quantique des champs. Les équations de cette théorie étant très difficiles et compliquées, il a fallu inventer un mode graphique pour pouvoir les « visualiser » et les appréhender. La pensée diagrammatique a ainsi ouvert la voie à de nouvelles méthodes et techniques de visualisation d'objets et phénomènes inaccessibles à la perception visuelle de tous les jours, et aussi aux expériences qu'on peut réaliser par des appareils même très sophistiqués. La visualisation présente ainsi un pouvoir explicatif supplémentaire par rapport à d'autres méthodes classiques utilisées dans les sciences mathématiques et physiques. Elle consiste dans la création d'images mentales des objets et des équations. C'est dire que certaines techniques de visualisation, notamment les diagrammes, se constituent en deux niveaux de représentation : le premier correspond à des modèles d'objets réels en tant qu'ils sont imaginés et non pas (directement) observés ; le second concerne les éléments qui forment les modèles eux-mêmes, c'est-à-dire les aspects graphique, dénotatif et connotatif. De ce point de vue, les diagrammes (comme les images, les dessins, les graphes...) donnent à « voir » ce qui n'est pas visible, par une création d'objets et de nouvelles articulations de sens.

Bibliographie

- Ralph Abraham, « Introduction to morphology », in J. Ravatin (dir.), *Quatrième rencontre entre mathématiciens et physiciens*, Département de Mathématiques, Université de Lyon, tome 9, 1972, pp. 38-114.
- Colin Conrad Adams, *The Knot Book. An Elementary Introduction to the Mathematical Theory of Knots*, New York, W. H. Freeman, 2000.
- Liliana Albertazzi (dir.), *Shapes of Forms. From Gestalt Psychology and Phenomenology to Ontology and Mathematics*, Kluwer, Dordrecht, 1999.
- Rudolf Arnheim, *Il pensiero visivo*, Torino, Einaudi, 1974.
- Gaston Bachelard, *La poétique de l'espace*, Paris, Presses Universitaires de France, 1957.
- Claudio Bartocci (dir.), *Racconti matematici*, Torino, Einaudi, 2006.
- Jacob Beck, *Surface Color Perception*, Ithaca and London, Cornell University Press, 1972.
- Daniel Bennequin, « Questions de physique galoisienne », *Passion des Formes*, à René Thom, t. 1, M. Porte (éd.), Paris, E.N.S. Editions, 1994, pp. 311-410.
- Luciano Boi, « Géométrie et Philosophie de la Nature : remarques sur l'espace, le continu et la forme », in *Science et Philosophie de la Nature – un nouveau dialogue*, L. Boi (dir.), Berne, Peter Lang, 2000, pp. 65-96.
- Luciano Boi, « Mathematical Knot Theory », *Encyclopedia of Mathematical Physics*, J.-P. Francoise, G. Naber, T. S. Sun (dirs), Oxford, Elsevier, 2006, pp. 319-327.

- Luciano Boi, « Phénoménologie et méréologie de la perception spatiale, de Husserl aux théories néo-gestaltistes », *Rediscovering Phenomenology. Phenomenological essays on mathematical beings, physical reality, perception and consciousness*, L. Boi, P. Kerszberg, F. Patras (dirs), Springer, coll. « Phenomenologica », Dordrecht, 2007, pp. 33-66.
- Luciano Boi, « Questions regarding Husserlian geometry and phenomenology. A study of the concept of manifold and spatial perception », *Husserl Studies*, 20 (2004), pp. 207-267.
- Luciano Boi, « Réflexions épistémologiques sur la perception spatiale », *Revue Philosophique de Louvain-la-Neuve*, 2009 (à paraître).
- Luciano Boi, « Sur quelques propriétés géométriques globales des systèmes vivants », *Bulletin d'Histoire et d'Epistémologie des Sciences de la Vie*, 14 (1), 2007, pp. 71-113.
- Luciano Boi et Roberto Barbanti (dirs), *Le Dinamiche della Bellezza. Pensieri e percorsi estetici, scientifici e filosofici*, Rimini, Raffaelli Editore, 2005, 464 p.
- Luciano Boi, « Symétries et formes en mathématiques et dans la nature », *Le Dinamiche della Bellezza*, op. cit., pp. 337-392.
- Luciano Boi, « The Aleph of Space. On some extensions of geometrical and topological concepts in the twentieth-century mathematics : from surfaces and manifolds to knots and links », *What is Geometry*, G. Sica (dir.), Polimetrica, Milan, International Scientific Publishers, 2006, pp. 79-152.
- Luciano Boi, « Theories of Space-Time in Modern Physics », *Synthese*, 139 (2004), 429-489.
- Luciano Boi, « Topological knots models in physics and biology », *Geometries of Nature, Living Systems and Human Cognition*, L. Boi (dir.), 2005, pp. 203-278.
- Luciano Boi et Lorraine Verner, « Bridging the gap between art, science and nature: the visionary work of Jorge Eduardo Eielson on knots », *Nudo – Homenaje a J. E. Eielson*, I. I. Padilla (dir.), Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú/Fondo Editorial, 2002, pp. 117-146.
- Luciano Boi, *Le problème mathématique de l'espace. Une quête de l'intelligible*, préface de René Thom, Berlin/Heidelberg, Springer-Verlag, 1995, 526 p.
- Luciano Boi et Lorraine Verner, « Sur quelques aspects phénoménologiques, géométriques et esthétiques de la perception et de la relation entre surface, forme et couleur », *VISIO*, « Culture et Spatialité », n° 6 (2-3), 2001, pp. 205-247.
- Jorge Luis Borges, *L'Aleph*, Milano, Feltrinelli, 1959.
- Paolo Bozzi, « Fenomenologia sperimentale », *Teorie & Modelli*, n° 7 (2-3), 2002, pp. 13-48.
- Giordano Bruno, *De l'infinito universo et mondi* (Londra, 1584), *Dialoghi italiani*, G. Aquilecchia (dir.), Firenze, Sansoni, 1986.
- Manlio Brusatin, *Storia dei colori*, Torino, Einaudi, 1999.
- Italo Calvino, *Le cosmicomiche*, Torino, Einaudi, 1965.

- Ernst Cassirer, *La philosophie des formes symboliques. Vol. 3: La phénoménologie de la connaissance*, Paris, Éd. De Minuit, 1972.
- Gilles Châtelet, *Les enjeux du modèle. Mathématiques, physique, philosophie*, Paris, Seuil, 1993.
- Alain Connes (avec A. Lichnerowicz et M.-P. Schützenberger), *Triangle de Pensée*, Paris, Odile Jacob, 2000.
- Ernst Coumet, « Sur l'histoire des diagrammes logiques, figures géométriques », *Mathématiques et Sciences Humaines*, 60 (1977), pp. 31-62.
- Leonardo Da Vinci, *I Quaderni di Leonardo da Vinci*, Vol. 2, Brera et Firenze, 1978.
- Thibault Damour, Jean-Claude Carrière, *Entretiens sur la multitude du monde*, Odile Jacob, Paris, 2002.
- Gilles Deleuze, *Le Pli–Leibniz et le baroque*, Paris, Editions Minuit, 1986.
- Gilles Deleuze, *Différence et répétition*, Paris, Presses Universitaires de France, 1968.
- Maurits Cornelis Escher, *The Graphic Work of M.C. Escher*, Ballantine Books, 1971.
- Paolo Fabbri, « Introduzione » a René Thom, *Morfologia del semiotico*, Roma, Meltemi, 2006, pp. 9-21.
- Paolo Fabbri, *La Svolta Semiotica*, Bari-Roma, Laterza, 1998.
- Mario Farné (dir.), « Illusione e Realtà. Problemi della percezione visiva », dossier spécial, *Le Scienze*, Milano, 1978.
- Richard Feynman, « Space-Time Approach to Quantum Electrodynamics », *Physical Review*, 76 (1949), pp. 769-789.
- Richard Feynman, *Il senso delle cose*, Milano, Adelphi, 1999.
- Richard Feynman, *Leçons de Physique*, Paris, Odile Jacob, 2000.
- Richard Feynman, *QED – La strana teoria della luce e della materia*, Milano, Adelphi, 1989.
- Anatoly Timofeevich Fomenko, *Mathematical Impressions*, American Mathematical Society, Providence, RI, 1990.
- Michel Foucault, *Les mots et les choses*, Paris, Gallimard, 1966.
- Gay, Fabrizio, *Tra forma e figura. Tre seminari sulla rappresentazione*, Venezia, Cafoscarina, 2004.
- Walter Gerbino, *La percezione*, Bologna, Il Mulino, 1983.
- Giuseppe Geymonat, Aristide Sanini, e Paolo Valabrega, « Geometria e topologia », *Enciclopedia Einaudi*, vol.6°, Torino, 1979, pp. 616-723.
- James Gibson *Un approccio ecologico alla percezione visiva*, Bologna, Il Mulino, 1999.
- Algirdas Julien Greimas, « Semiotica figurativa e semiotica plastica », *Semiotica in nuce II*, Fabbri e Marrone (dirs), Roma, Meltemi, 2001.
- Algirdas Julien Greimas, *Du Sens II – Essais sémiotiques*, Paris, Éditions du Seuil, 1998.
- Michael Gromov, « Local and global in geometry », Paper (unpublished) presented for the 1999 Balzan Prize for Mathematics, 1999, 11 p.

- Jacques Hadamard, *The Psychology of invention in the mathematical field*, Dover, New York, 1954.
- Norwood Russell Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge University Press, Cambridge, 1958.
- Stephen Hawking et Roger Penrose, *The Nature of Space and Time*, Princeton, Princeton University Press, 1996.
- Gerard Holton, *Thematic Origins of Scientific Thought : Kepler to Einstein*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1988.
- Husserl, Edmund, *Ding und Raum, Vorlesungen 1907*, Herausgegeben von U. Claesges, Martinus Nijhoff, 1973. (*Chose et espace – Leçons de 1907*, introduction, traduction et notes par J.-F. Lavigne, Paris, PUF, 1989).
- Gruppo μ – *Trattato del segno visivo*, Migliore, T. (dir.), Milano, Bruno Mondadori, 2007.
- William James, *Principles of psychology*, New York, Holt, 1890.
- David Kaiser, *Drawing Theories Apart : The Dispersion of Feynman Diagrams in Postwar Physics*, Chicago, University Chicago Press, 2005.
- Gaetano Kanizsa, « Le ambiguità della gravidanza », *Vedere e pensare*, Bologna, Il Mulino, 1991.
- Gaetano Kanizsa, *Grammatica del vedere. Saggi su percezione e gestalt*, Bologna, Il Mulino, 1980.
- David Katz, *The World of Colour*, London, Kegan Paul, 1935.
- Louis Kauffman, « Detecting Virtual Knots », *Atti Sem. Mat. Fis. Univ. Modena*, Supplemento al Vol. IL (2001), pp. 241-282.
- Louis Kauffman, « Knot Diagramatics », arXiv :math.GN/0410329 v5 19Nov2004.
- Louis Kauffman « Knots and Diagrams », *Lectures at Knots 96*, S. Suzuki (ed.), Singapore, World Scientific, 1997, pp. 123-194.
- Louis Kauffman, « New invariants in the Theory of Knots », *Amer. Math. Monthly*, 95(3), 1988, pp. 195-242.
- Riccardo Luccio, « On Prägnanz », *Shapes of Forms*, L. Albertazzi (dir.), Kluwer, 1999, pp. 123-148.
- Jean-Pierre Luminet, *La segreta geometria del cosmo*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2004.
- Jean Maldacena, « Into the fifth dimension », *Nature*, 423, June 2003, pp. 695-696.
- Mario Massironi, *Comunicare per immagini. Introduzione alla geometria delle apparenze*, Bologna, Il Mulino, 1989.
- Maurice Merleau-Ponty, *Le visible et l'invisible*, Paris, Gallimard, 1964.
- Maurice Merleau-Ponty, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Gallimard, 1945.
- Wolfgang Metzger, *I fondamenti della psicologia della gestalt*, Gaetano Kanizsa (dir.), Firenze, Giunti, 1971.
- Jacques Ninio, *L'empreinte des sens. Perception, mémoire, langage*, Paris, Odile Jacob, 1996.
- Erwin Panofsky, *L'œuvre d'art et ses significations. Essai sur les « arts visuels »*, Paris, Gallimard, 1969.

- Charles Sanders Peirce, *Opere*, Milano, Bompiani, 2003.
- Charles Sanders Peirce, *Philosophical Writings of Peirce*, selected and edited with an introduction by J. Buchler, New York, Dover, 1955.
- Charles Sanders Peirce, *The Collected Papers of C. S. Peirce*, 8 vols., C. Hartshorne, P. Weiss and A.W. Burks (dirs), Harvard University Press, Cambridge, MA, 1933.
- Roger Penrose, *The Road to Reality. A complete guide to the laws of the universe*, Vintage, London, 2004.
- Jean Petitot, *Morphogenèse du sens*, Paris, PUF, 1985.
- Antony Phillips, « Turning a surface inside out », *Scientific American*, 214 (5), 1966, pp. 112-120.
- Ruggero Pierantoni, *Forma fluens. Il movimento e la sua rappresentazione nella scienza, nell'arte e nella tecnica*, Torino, Boringhieri, 1986.
- Valentin Poénaru, « Poincaré et l'hypersphère », *Pour la Science*, « Dossier sur Mathématiques de la sphère », n° 41, octobre-décembre 2003, pp. 52-57.
- Henri Poincaré, « Pourquoi l'espace a trois dimensions », *Revue de Métaphysique et de Morale*, 20 (1912), pp. 407-429. (Réédité in *Dernières Pensées*, Paris, Flammarion, 1933).
- Gian Carlo Rotta, *Pensieri Discreti*, Milano, Garzanti, 1993.
- Stephen Smale, « A classification of immersions of the two-sphere », *Trans. Amer. Math. Soc.*, n° 90 (1958), pp. 281-290.
- Alexei Sossinsky, *Nœuds. Genèse d'une théorie mathématique*, Paris, Seuil, 1999.
- Leonard Susskind, *Il paesaggio cosmico: dalla teoria delle stringhe al megaverso*, Milano, Adelphi, 2007.
- Lucien Tesnière, *Esquisse d'une syntaxe structurale*, Paris, Klincksieck, 1953.
- René Thom, « Topologie et signification » (1968), *Modèles mathématiques de la morphogenèse*, Paris, C. Bourgeois, 1980.
- René Thom, *Apologie du logos*, Paris, Hachette, 1990.
- René Thom, *Esquisse d'une Sémiophysique*, Paris, InterEditions, 1988.
- René Thom, *Morfologia del semiotico*, P. Fabbri (dir.), Roma, Meltemi, 2006.
- René Thom, *Parabole e catastrofi*, G. Giorello et S. Morini (dirs), Milano, Il Saggiatore, 1980.
- D'Arcy Thompson, *On Growth and Form*, Cambridge University Press, Cambridge, 1917.
- William Thurston, « How to see 3-manifolds », *Class. Quantum Grav.*, n° 15 (1998), pp. 2545-2571.
- William Thurston *Three-Dimensional Geometry and Topology*, S. Levy (dir.), Princeton, Princeton University Press, 1997.
- Paul Valéry, « Mathématiques », *Cahiers II*, La Pléiade, Paris, Gallimard, 1974, pp. 775-830.
- Martinus Veltman, *Diagrammatica: The Path to Feynman Diagrams*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994.

Images et diagrammes des objets et de leurs transformations dans l'espace

Jeffrey Weeks, *The Shape of Space*, New York, Marcel Dekker, 1985.

Edward Witten, « Reflections on the Fate of Spacetime », *Physics Today*,
April 1996, pp. 24-30.

Christopher Zeeman, *An Introduction to Topology. The Classification
Theorem for Surfaces*, Preprint, Mathematics Institute, University of
Warwick, June 1966, 51 p.

Samir Zeki, *La visione dall'interno. Arte e cervello*, Torino, Bollati
Boringhieri, 2003.

Expérience d'objet, expérience d'image

Jean-François BORDRON
Université de Limoges

Admettons comme définition minimale, voire minimaliste, du mot « science » qu'il se rapporte à un ensemble de discours, de théories et de pratiques soumis à une intention de connaissance. Cette approche prudente, parce qu'intimidée devant l'immensité du problème, doit cependant suffire pour que l'on puisse fixer, sans une trop grande incertitude, l'expression d' « image scientifique ». Nous conviendrons de dire « scientifique » une image lorsqu'elle s'insère, d'une façon ou d'une autre, dans un procès de connaissance. C'est la logique de cette insertion dont nous cherchons à explorer les premiers éléments.

1. Image scientifique et image esthétique

Il va de soi que les rôles ainsi joués par les images peuvent être très divers. Ils dépendent beaucoup de la technologie utilisée pour leur production. Ils varient également selon le moment de la recherche, la science n'étant pas à considérer comme l'encyclopédie des vérités établies mais comme un procès qui a son rythme et pour lequel l'image ne peut guère être autre chose qu'un moment. Une première caractéristique de l'image scientifique pourrait de ce fait être son rôle de moyen en vue d'une fin autre qu'elle-même. On l'opposera ainsi aisément à l'image esthétique. Cette opposition cependant est plus complexe qu'il n'y paraît car s'il est aisé d'esthétiser une image scientifique, l'inverse paraît plus rare et plus incertain, ce qui ne veut pas dire impossible. Le chemin qui mène de l'une à l'autre est donc dissymétrique, comme si un obstacle rendait difficile le passage qui va de l'esthétique à la connaissance, lors même que nous passons aisément de la connaissance à l'esthétique. Cette remarque peut nous servir de point de départ car si rien ne distingue, en principe, ces deux genres d'image quant à leur composition matérielle, il faut bien que la différence recherchée trouve sa source dans leur constitution sémiotique. C'est donc cette dernière qu'il faut d'abord interroger.

2. Expérience d'image et expérience d'objet

En quoi une image, prise au sens optique le plus banal, se différencie-t-elle d'un objet simplement offert à la vue ? Il semble d'abord qu'aucune différence vraiment convaincante n'apparaisse. Nous avons toujours affaire à une matière plus ou moins colorée, plus ou moins porteuse de formes et l'art contemporain a bien montré que l'on pouvait traiter comme un objet un tableau et comme un tableau un objet, de telle sorte qu'il est tentant de dire que la différence recherchée relève plus d'une convention ou d'un usage que d'une réelle distinction. Il nous semble cependant possible de revenir à quelque expérience critique qui suggère assez nettement la trop grande facilité offerte par le recours à la convention ou à l'usage. Prenons l'exemple classique du *trompe-l'œil*. Si, nous promenant dans une rue, nous regardons une fenêtre, nous avons clairement une expérience d'objet. Si, après quelques hésitations, nous découvrons qu'il s'agit d'une fenêtre peinte sur ce mur, il semble bien que nous ayons maintenant une expérience d'image sans que rien pour autant n'ait changé matériellement. La seule chose qui se soit réellement produite est la réorganisation sémiotique de l'expérience que nous allons essayer de décrire.

On peut, en premier lieu, éliminer ce qui apparaît immédiatement comme des impasses. La fenêtre peinte ne dénote pas une fenêtre réelle pas plus qu'elle n'y fait référence. Il ne s'agit pas de refuser l'usage de ces termes par principe mais de reconnaître leur évidente inadéquation au problème posé. Un homme du 17^e siècle aurait sans doute dit qu'elle la « représentait », mais cette conception classique repose sur une certaine économie du fait sémiotique qu'il faut se garder de généraliser trop simplement. Nous reviendrons plus loin sur le terme d'*économie* qui nous est tout à fait essentiel. Remarquons pour l'instant que nous sommes partis de l'expérience d'objet comme si il s'agissait d'un fait qu'il fallait simplement reconnaître. Notre perception cependant n'est pas nécessairement une expérience dans laquelle il est toujours possible de distinguer un sujet et un objet. Merleau-Ponty a montré en diverses occasions que nous avons plutôt affaire à un entrelacs dans lequel ces deux termes étaient souvent indistincts, voire fusionnés. La première opération sémiotique pourrait être celle d'un débrayage qui sépare et le sujet et l'objet, chacun d'eux devenant en quelque façon des perceptions débrayées. Si tel est bien le cas, la fenêtre qui nous est apparue plus haut comme réelle ne relèverait pas, si elle l'était, d'une existence simplement factuelle, si tant est que quelque chose de ce genre soit pensable. Elle était déjà, en tant que fait de perception, le résultat d'une sémiologie que nous pouvons décrire ainsi, en quelques étapes.

Il y a tout d'abord un acte, ici l'acte visuel de perception. Cet acte est une réaction à ce qui pour nous possède une certaine *valeur* en tant que qualité sensible. En d'autres termes, notre être au monde ne peut se concevoir sans l'intermédiaire d'un plan d'expression qui n'est ni le monde en soi, ni une projection subjective, mais précisément l'*expression* des rapports possibles entre le monde et nous. À ce stade il n'y a, à proprement parler, aucune nécessité d'introduire la séparation du sujet et de l'objet. Celle-ci

n'intervient véritablement que dans *l'acte objectivant*, tel celui qui nous faisait percevoir plus haut les qualités sensibles comme une fenêtre, et donc comme un objet, nous mettant par là, corrélativement, dans la position d'un sujet observant. Nous n'avons pas ici à décrire en quoi consiste, dans ses détails, l'acte objectivant car nous nous intéressons plutôt au moment précis où il défaille. Il est en effet remarquable que, dans l'état de naïveté dans lequel se présentait notre perception de la fenêtre, il n'y avait pas vraiment de raison d'introduire une différence importante entre les qualités sensibles d'une part, et la fenêtre comprise comme un objet de l'autre. Il y avait en quelque sorte un *fusionnement* entre qualités sensibles et objet. Au contraire, lorsque nous prenons conscience de notre erreur, dans l'expérience si étrange de la désillusion, les qualités sensibles, prenant le statut d'image, produisent ce que produit immédiatement toute image : *une autre scène*. Celle-ci est celle où se situe l'objet en tant qu'il est objet. Elle nous obligera à en poser de toute nécessité une troisième pour y inscrire le sujet. Mais il peut paraître paradoxal d'introduire une scène pour y situer l'objet au moment même où sa réalité disparaît pour nous. On répondra que c'est justement le fait que l'objet disparaisse, son absence subite, qui le fait apparaître distinct des qualités sensibles avec lesquelles il se confondait précédemment. Percevoir les qualités sensibles comme une image revient à les séparer de l'objet pour situer ce dernier dans cette autre scène. Il sera toujours difficile de donner un nom à la réalité des objets inexistantes comme l'est maintenant notre fenêtre. Convenons de l'appeler, au moins provisoirement, *l'objet formel* de l'image. Il a en effet pour principale propriété de donner une « forme objet » à des qualités sensibles sans que pour autant elles acquièrent une teneur de chose.

Le détour par l'expérience du trompe-l'œil nous a rendu sensible à deux propriétés essentielles des images ou tout au moins de l'expérience que nous en avons :

1- S'il paraît bien difficile de définir rigoureusement la différence matérielle entre une image et un objet, il est par contre possible de distinguer nettement une *expérience d'objet* d'une *expérience d'image*. Dans le premier cas, l'objet, que nous considérons comme un plan d'expression, fusionne avec l'objet formel. Dans le second, l'objet formel se distingue avec force de l'image, ouvrant par là une autre scène. C'est là un critère qui sera sans doute soumis à bien des vicissitudes mais qui nous paraît cependant d'une validité certaine.

2- Cette distinction a son équivalent au niveau du sujet. Dans une expérience d'objet, le sujet éprouve le sentiment familier d'appartenir à la même scène que l'objet, au même monde. Dans une expérience d'image, le sujet se perçoit au contraire comme séparé de l'objet formel et, dans une certaine mesure, de l'image elle-même. L'image, comme le théâtre, démultiplie les scènes. L'objet au contraire, que ce soit ou non une illusion, semble devoir unifier la scène de l'expérience¹.

¹ Il serait intéressant, de ce point de vue, de demander si les rêves produisent des images mentales ou des objets mentaux. Par ailleurs, l'expérience du doute, au sens

La différence entre expérience d'objet et expérience d'image permet d'aborder sous un certain angle la question de l'image scientifique. Dans la mesure où il s'agit d'une expérience, la finalité propre de cette expérience ne peut être sans effet sur la façon dont l'image y joue un rôle. Si, comme nous l'avons supposé initialement, il est possible de caractériser la démarche scientifique comme la mise en œuvre d'une intention de connaissance, il nous paraît maintenant légitime de demander : comment l'expérience d'objet et l'expérience d'image peuvent-elles s'articuler dans un tel contexte ? Le fait que l'objet soit interrogé sur sa nature par des images ne le transforme-t-il pas en une sorte d'image de lui-même, image ouvrant sur d'autres images sans que l'objet, au sens familier du terme, ne puisse finalement se donner dans une expérience d'objet, au sens défini plus haut ?

3. Scénographie et économie

Partons donc de cette première remarque : la caractéristique propre de l'expérience d'image, si on l'oppose à l'expérience d'objet, est d'ouvrir plusieurs scènes. Leur nombre n'est pas fixé d'avance mais on peut prévoir, pour des raisons de structure, qu'il en existe au moins trois grands genres.

Dans le langage usuel de la sémiotique, il y a d'abord la *scène énonciative* dans laquelle se situe l'observateur de l'image, celui qui la produit et celui qui l'interprète, ces trois personnages pouvant constituer un ou plusieurs actants. Dans cette même scène se trouve bien sûr l'image elle-même en tant qu'objet de vision.

Une autre scène est constituée par l'image considérée en tant que plan d'expression et qui, en première approximation, est faite de qualités sensibles comme la fenêtre en trompe-l'œil envisagée plus haut. Ces qualités, qui dépendent de la technologie employée, peuvent être de natures si diverses qu'il est impossible d'imaginer en faire un réel inventaire. Mais on peut aisément remarquer qu'il sera toujours nécessaire de les « lire », c'est-à-dire de les organiser en éléments significatifs, également de natures très variables.

Pour rendre sensible la profonde différence entre ces deux scènes, il est utile de rappeler que dans l'histoire de la peinture elles ont donné lieu à des tentatives de mise en correspondance, souvent étonnantes. Ainsi Francesco del Cossa, dans un tableau analysé par Daniel Arasse, dessine un escargot qui se situe très exactement à la jointure de ces deux scènes de telle sorte qu'il serait tout aussi légitime de dire qu'il est *dans* le tableau qu'*en dehors*. D'autres fois, les deux scènes tendent à se confondre ou à fusionner. *Les Ménines* de Velázquez en sont un exemple classique.

La troisième scène est celle qui, dans l'exemple du trompe-l'œil, disparaît au moment même où l'on découvre son existence. Mais, dans l'usage souvent discuté de la photographie de presse, elle est la scène absente

cartésien de ce terme, semble bien consister à séparer le plan d'expression de l'objet de ses objets formels, ouvrant par là toute la scénographie du doute métaphysique qui est au fond une expérience d'image.

dont l'image est censée témoigner. Elle est ce dont il y a image et, en un sens que nous définirons plus loin, son horizon.

Pour éviter toute équivoque, il importe de dire que ces trois scènes, dont nous allons essayer de décrire le fonctionnement dans le cas de l'image scientifique, n'ont en elles-mêmes aucune signification particulière. Elles ne prennent véritablement un sens que si on les réfère à *l'économie iconique* dans laquelle elles doivent être perçues. Définissons brièvement ce que nous entendrons par *économie iconique*.

Le regard porté sur une œuvre du classicisme entre dans ce que l'on appelle ordinairement l'économie de la *représentation*. Louis Marin, en particulier, a fort bien analysé toutes les structures impliquées dans cette conception. Mais il serait naturellement absurde de regarder de la même façon une icône byzantine. L'icône, prise en ce sens, ne représente pas. Elle se situe dans une économie de *l'incarnation* elle-même dépendante d'une économie du salut. Même si l'on peut admettre que les trois scènes décrites plus haut se retrouvent dans les deux cas, il devrait paraître évident qu'elles ne signifient pas pour autant la même chose. L'économie iconique, prise au sens sémiotique de ce dernier terme, signifie donc le partage qu'un genre d'image institue dans le monde sensible, partage opérant sur le fond d'une conception particulière de ce monde. En un mot, l'économie fonde un style de visibilité et plus généralement, un style de perception, pour lequel l'art contemporain a montré la possibilité de multiples variations. Il faudrait analyser plus profondément quelques-uns de ces exemples et en parcourir un nombre significatif. Mais nous ne cherchons pas maintenant à faire autre chose que d'indiquer sommairement ce qui va guider notre questionnement sur l'image scientifique : quels types de *scénographies* entrent en jeu et quelles *économies iconiques* peut-on rencontrer au titre de l'image scientifique ?

Nous ferons successivement trois hypothèses correspondant chacune à la prévalence d'une des scénographies proposée plus haut. Il s'agit d'« hypothèses » car nous ne croyons pas qu'il soit nécessaire de supposer qu'une scénographie s'impose totalement aux dépens des autres. Il s'agit simplement d'envisager des cas suffisamment nets, des cas idéaux, susceptibles de représenter des types d'usage des images prises dans un contexte scientifique.

4. Première hypothèse : l'image horizon

Ce cas peut d'abord paraître le plus simple. Il s'agit de concevoir l'image comme une somme d'indices pouvant nous conduire peu à peu à ce dont ils sont l'indice. Un exemple paradigmatique se trouve dans *Blow up* de M. Antonioni. Le personnage principal agrandit une image prise dans un parc jusqu'à ce qu'apparaisse, dans un buisson, un bras tenant un revolver. La démarche est clairement cognitive et se prête bien pour cette raison à illustrer un usage scientifique de l'image. Il s'agit d'une *enquête* au cours de laquelle, sur la base d'indices, se manifeste peu à peu la présence d'une chose ou d'un phénomène. Le chemin suivi est donc celui qui va du soupçon à l'apparition,

de l'indice à l'icône. Cette première étape cependant ne suffit pas car il faut *identifier* ce qui apparaît, ici un revolver. L'identification présuppose non seulement qu'un certain domaine d'objets soit déjà connu, ou tout au moins imaginé, pour que l'on puisse y référer ce qui est occasionnellement découvert. Ce problème peut être beaucoup plus complexe qu'il ne semble tout d'abord. La photographie d'enquête ou de reportage se situe dans le monde commun de la perception. Mais l'image scientifique peut manifester ce qu'il est impensable de percevoir dans le « monde de la vie ». Dans une lettre à Eugène Bavcar, un astronome de Toulouse, Peter von Bavcar, décrit tout d'abord les différentes façons dont peut apparaître le ciel selon les longueurs d'onde choisies. Ainsi existe-t-il un ciel vu à la longueur d'onde des rayons gamma, un autre pour les micro-ondes, un autre encore pour les rayons X, etc. Citons un bref passage de cette lettre :

Aujourd'hui, les découvertes de l'ère spatiale nous invitent à nouveau à dépasser la simple vision anthropocentrique : nous devons apprendre que nos yeux ne nous font connaître qu'une infime fraction du spectre électromagnétique. Outre la place insignifiante que nous occupons dans l'espace, et le temps limité qui nous est donné pour l'explorer, nous sommes limités à la cinquième dimension : celle des couleurs. Le domaine des couleurs visibles couvre un intervalle qui correspond à peine à la largeur d'une octave. Sur un piano de lumière cette octave se décomposerait en tons et demi-tons allant du rouge au violet. L'échelle de ces couleurs devrait donc tout à fait convenir pour interpréter un motif simple. On imagine cependant à quel point la nature pourrait s'exprimer sur les sept octaves d'un piano entier. Couvrant ainsi les domaines de l'infrarouge proche à l'ultraviolet C, la richesse et la subtilité des colorations feraient paraître la gamme visible incolore et monotone. Bien que ce piano de lumière signifie tout un Univers de couleurs, ce n'est toujours que la pointe de l'iceberg : chacune des six facettes du ciel invisible esquissées ci-dessus représente un échantillon d'un tel Univers. L'intégralité des longueurs d'onde observées aujourd'hui, du domaine des ondes radio aux rayons gamma des hautes énergies, comprend plus de 50 octaves ! Si nos yeux perçoivent une octave sur plus de cinquante, l'essentiel est probablement invisible ... Aujourd'hui, l'astronome ne voit bien qu'avec ses détecteurs - et à travers les ordinateurs - car c'est la polychromie des couleurs invisibles qui est au cœur de l'astrophysique moderne.²

Il y a donc toute une gamme de mondes dans laquelle la technologie permet de choisir puis d'exprimer en images. Bien sûr, pour chacun de ces mondes, on peut, comme le photographe de *Blow up*, chercher des indices et, sans doute, trouver autre chose que ce qui était d'abord entrevu ou espéré. Mais l'originalité de la démarche décrite par l'astronome est de fixer d'abord un *référentiel technique* qui donne la possibilité de l'objet et le sens de ce que l'on verra. On rencontre par là une vérité d'ordre général qui prend ici une forme très particulière : il n'y a pas d'objet sans un référentiel qui détermine

² On peut trouver cette lettre en son entier sur Internet, à l'adresse de Peter Von Bavcar.

son existence d'objet. L'astronome, de ce point de vue, ne se différencie guère de l'augure romain qui traçait un *templum* dans le ciel pour pouvoir donner un sens au vol des oiseaux. L'astronome n'est pas un devin mais, comme ce dernier, il a besoin pour interpréter ce qui apparaît de fixer d'abord ce qui sera le lieu de l'apparition. Que ce lieu se formule en longueurs d'onde et non plus en espace change beaucoup de choses mais sans doute pas le fait qui nous intéresse ici : *avant que l'image n'apparaisse, il faut avoir fixé l'économie de son apparition*. Relisons ce que nous en dit notre astronome : « *Aujourd'hui, l'astronome ne voit bien qu'avec ses détecteurs - et à travers les ordinateurs - car c'est la polychromie des couleurs invisibles qui est au coeur de l'astrophysique moderne* ». Ce que l'on verra sur l'écran de l'ordinateur a de ce fait un statut bien différent de ce que, selon une autre économie, on appelait une *représentation*. A cela il y a une raison très simple. La représentation suppose qu'il y ait eu une *présentation* et donc un monde originairement présent qui nous assure que, malgré les jeux et les duplications égarantes des représentations, quelque chose aura été représenté. L'économie de la représentation est au fond une économie de la présence, de l'absence, et de leurs entrelacs. Pour l'image astronomique au contraire, rien n'a jamais été là *avant* l'image, du moins si l'on entend par *être là*, « être là comme objet ». Il s'agit moins pour elle d'approfondir ce qui a déjà été donné que de créer les conditions pour que quelque chose d'encore inconnu soit donné. La construction technique de l'image correspond de ce fait à une sorte de perspective inversée. Elle n'est pas là pour s'approcher de ce qui est déjà là à l'horizon, comme le fait le photographe dans *Blow up* ou le reporter de guerre, mais elle est elle-même l'horizon qu'il s'agit de faire se manifester. Appelons la pour cette raison *l'image horizon*.

Résumons brièvement le chemin que nous venons de parcourir. Nous sommes partis de l'expérience du trompe-l'œil pour faire apparaître la différence profonde entre expérience d'objet et expérience d'image. Cette dernière se caractérise par sa puissance scénographique, trois scènes au minimum étant toujours présentes. L'existence de trois scènes ne relève pas d'une décision arbitraire mais de la nature même de l'expérience d'image, du moins avons-nous essayé de le montrer. Ces scènes prennent leur sens dans une économie, l'histoire des images montrant suffisamment qu'elle peut être de nature très diverse. Nous avons fait l'hypothèse que, selon la scène que nous choisirions comme l'enjeu principal, ou le centre de gravité, d'une recherche cognitive, nous aurions des économies d'images bien différentes. Cela ne veut naturellement pas dire que les autres scènes se trouvent effacées mais simplement que leur importance peut être minimisée. Ainsi, pour ce que nous avons appelé *l'image horizon*, nous avons vu que la quête cognitive suivait l'ordre suivant :

- a- Constitution d'un référentiel (choix d'une longueur d'onde)
- b- Recherche d'indice
- c- Iconisation (stabilisation progressive des formes)
- d- Identification

Dans les exemples classiques de quête, seule les étapes *b*, *c*, et *d* sont décrites. Mais, dans les images astronomiques, nous avons vu que l'étape *a* change complètement le *statut de la présence* et par la l'économie d'ensemble de l'image.

Cette dernière remarque nous conduit tout naturellement à interroger la façon dont on pourrait définir la valeur de vérité de ces images, ou d'autres, que la technologie établit loin de notre expérience ordinaire du monde. Il ne peut être question de rassembler ici ce qui peut être dit sur le sens du prédicat vrai dans le contexte de l'image. Il existe sur ce sujet de trop nombreuses positions possibles, qui vont du réalisme au relativisme le plus total, pour qu'il soit envisageable d'en discuter. Nous nous contenterons de la question suivante qui permet d'illustrer le point exact qui nous intéresse : y a-t-il une différence entre une image de chose et une image d'image ? Dans le cas de l'image du revolver, dans *Blow up*, il est supposé que le revolver existe bel et bien, au moins dans l'univers du film, de telle sorte que nous ne pouvons pas reproduire sur lui l'expérience du trompe-l'œil. Un réaliste dirait sans doute que le revolver peut tuer mais pas son image. Cette remarque pourtant ne conduit pas nécessairement au réalisme. Elle invite simplement à considérer la différence entre objet et image d'objet. Mais, dans le cas d'une entité astronomique vue aux rayons X, nous ne pouvons plus faire la différence entre objet et image car l'objet n'existe que par l'image. L'image n'est pas une image d'objet mais *image de ce qui par elle est fait image*. Il y a donc un changement sémiotique fondamental quant au statut de la vérité. Quel que soit ce que veut dire *vrai*, ce prédicat n'établit pas, dans ce cas, une relation image / objet, mais une relation image / image. Mais là s'arrête la réflexion sémiotique. Il appartient à un questionnement métaphysique de demander si, à l'horizon des images astronomiques, il y a des objets, des images toujours, ou tout autre chose.

Résumons les grands traits de cette première hypothèse :

1- Le centre de gravité de la sémiologie se situe dans ce que nous appelons son *horizon* (c'est là l'hypothèse).

2- La constitution de l'image se fait en plusieurs étapes qui vont de la construction d'un référentiel à une identification de l'objet. Le référentiel peut être donné soit comme le monde de la perception, soit comme une architecture technologique.

3- Il y a de ce fait deux régimes distincts de vérité selon le référentiel déterminé au départ.

5. Seconde hypothèse : l'image écrite

Changeons de scène et accommodons notre regard autrement. Nous supposerons maintenant que le centre de gravité de l'image ne se situe plus dans son horizon mais dans l'image considérée comme plan d'expression. On comprend immédiatement que, dans ce cas, le problème posé n'est plus de savoir de quoi il y a image mais comment il faut la lire. Nous avons affaire à une structure signifiante qu'il s'agit de déchiffrer. Redisons que nous raisonnons sur des cas idéaux car, empiriquement, les deux problèmes sont le

plus souvent inséparables. Il reste pourtant que l'expérience peut conduire à privilégier l'un ou l'autre.

L'image, prise dans un contexte scientifique, semble d'autant plus difficile à déchiffrer que son élaboration technique est complexe. Le plus simple pour nous sera de prendre comme exemple l'image d'un organisme prise au rayons X. Nous sommes dans un contexte médical dans lequel la recherche porte sur une éventuelle pathologie. On pourrait croire que ce fait doit déporter notre attention vers ce dont il y a l'image. En réalité la recherche d'une pathologie suppose qu'il y ait un état normal et donc des images normales servant d'élément de comparaison. De ce fait, l'image radiographique prend son sens premier dans l'écart qu'elle établit par rapport à une image de référence. Ce sens n'est déchiffrable que sous l'hypothèse d'une *séméiologie* qui peut seule nous dire ce que peut signifier tel écart de gris, telle zone plus ou moins opaque, tel contour flou. Il s'agit de déchiffrer une écriture dont les formants sont donnés par l'image mais dont le sens ne peut qu'échapper en l'absence d'une séméiologie adéquate. Ce fait concerne un très grand nombre de pratiques et sans doute, plus que d'autres, la pratique médicale.

Nous avons vu dans l'hypothèse précédente qu'un certain nombre d'étapes étaient nécessaires pour décrire la constitution de l'image. Pour *l'image écrite* il convient d'abord de noter qu'une importante littérature sur le sujet semble considérer que l'image radiologique peut manifester des signes unitaires que l'on considérera alors comme renvoyant à des symptômes et des maladies dont l'existence est le plus souvent conçue comme indépendante de la structuration des signes sur l'image. La conception naturaliste de la maladie paraît dominante même si certains auteurs pensent qu'entre la maladie et la sémiologie il y a un peu la même relation qu'entre l'œuf et la poule³. La sémiotique utilisée est préférentiellement celle de Peirce pour deux raisons, nous semble-t-il. La première est que la sémiotique de Peirce propose des schémas d'inférence qui semblent en harmonie avec l'idée même de diagnostic. Le signe médical est l'un des exemples privilégiés de l'abduction. La seconde est que cette sémiotique est bien une théorie du signe et non une théorie des figures. Il est de ce fait pensable de considérer les signes comme des unités susceptibles d'être regroupées dans des ensembles à partir desquels des hypothèses (des abductions) peuvent être formulées et surtout formalisées en vue d'un traitement informatique. Cette conception, quel que soit par ailleurs son intérêt logique et technologique, nous semble laisser dans l'ombre quelques étapes essentielles dans la constitution de l'image, pour autant que celle-ci est signifiante :

³ Nous extrayons cette formulation d'un article faisant le point sur l'utilisation des méthodes sémiotiques dans l'analyse des images radiologiques : « L'informatisation du signe radiologique » Valérie Bertaud, Ihssen Belhadj, Olivier Dameron, Nicolas Garcelon, Lofti Hendaoui, Régis Duvauferrier EA 3888, Faculté de médecine, IFR 140, Université de Rennes I. Cet article est disponible sur Internet.

- Il y a d'abord une sélection de *formants* dont la nature dépend de la technologie employée. Les formants, par exemple des variations dans la transparence de l'image, sont des éléments qui ne sont pas en eux-mêmes porteurs de signification. Mais, dans la mesure où ils sont utilisés pour construire les formes signifiantes, ils sont toujours, selon l'expression consacrée, des « formants de ... ». Il convient alors de ne pas négliger cette étape essentielle.

- Il s'agit ensuite de constituer un niveau que l'on peut dire *sémiologique*⁴ (et non séméiologique). Ce niveau comporte l'ensemble des figures du monde perçu (et donc des éléments d'images) susceptibles d'entrer dans des configurations plus vastes comme le sont par exemple les morphologies. Ainsi les différences d'intensité lumineuses peuvent donner, comme traits sémiologiques, l'opposition lumière / ombre qui possède une teneur sémantique.

- A un troisième niveau, que l'on peut dire *iconique*, l'opposition lumière / ombre peut servir à faire émerger des morphologies, par exemple des plis, des contours, des morphologies d'objet.

Nos exemples sont rudimentaires mais ils suffisent pour suggérer la nécessité, bien connue par ailleurs, de décrire un *parcours génératif de l'expression* par lequel serait fait droit à la complexité des formes structurales et à leurs différents niveaux d'organisation. Ce parcours nous semble logiquement antérieur aux inférences auxquelles l'image peut donner lieu par ailleurs.

Si nous nous replaçons maintenant dans une démarche de connaissance, le problème posé par l'image écrite est clairement un problème de structuration interne et donc de *cohérence*. La pertinence, qui est le trait distinctif d'une bonne lecture, ne peut dans ce cas se définir que par rapport aux dépendances entre les figures du plan d'expression dont on aura analysé la genèse.

6. Troisième hypothèse : l'image événement

La troisième hypothèse ne situe le centre de gravité de l'image ni dans son expression, ni dans son horizon, mais dans la scène de son effectuation, là où se situe l'acte qui la fait apparaître. L'intérêt de l'image n'est plus ce qu'elle est en tant qu'expression ni ce qu'elle peut montrer mais le fait qu'elle soit, l'événement de son apparition. L'image est le fait lui-même. Elle n'est pas l'indice d'une réalité qu'il s'agirait de connaître mais ce qu'il y a à connaître. Redisons que nous cherchons à isoler un phénomène qui peut se trouver par ailleurs plus ou moins fusionné avec ceux envisagés lors des hypothèses précédentes.

Le cas le plus simple nous semble fourni par les images qui vérifient une théorie. La fait qu'il y ait ou non image peut alors, en dehors de toute autre considération, être un argument pour ou contre les hypothèses

⁴ Nous entendons ce terme au sens de AJ Greimas, *Sémantique structurale*, Paris, Larousse, 1966.

formulées dans cette théorie. Les images de matière noire illustrent assez bien ce nouveau statut. La matière noire n'est pas à proprement parler visible mais est détectée par les inflexions particulières qu'elle impose aux formes des galaxies ou des amas de galaxies. Même s'il est difficile d'isoler ici le fait qu'il y ait image de ce que par ailleurs elle pourrait révéler, on comprend aisément que la valeur argumentative de l'image puisse, dans un tel cas, résider essentiellement dans son existence. Plus généralement, les images prises dans une argumentation scientifique sont souvent le résultat d'une suite de manipulations si complexes que l'image semble ne plus avoir d'existence autonome mais être simplement un moment dans une argumentation tout aussi complexe qu'elle. Il est alors légitime de dire que l'image est un fait comme un autre, dont la valeur essentielle est de s'être produit, et en aucun sens une représentation ou une imitation d'un fait indépendant d'elle. L'usage argumentatif débraye l'image de son objet.

Il est nécessaire de souligner un trait qui pourrait paraître paradoxal s'il ne tenait à une propriété générale de toute énonciation qui est de devoir montrer, en quelque façon, ce qu'elle accomplit. Nous venons de voir que l'image peut être débrayée de son objet et ne plus signifier que par son existence propre. L'image n'en reste pas moins prise dans une expérience d'image qui, comme nous l'avons vu, ouvre nécessairement sur une autre scène. Il y a dans toute énonciation la nécessité d'une double accommodation qui nous porte à entendre à la fois ce qu'elle dit et le fait qu'elle énonce. Par là s'ouvre une troisième dimension de la valeur de vérité qui pourrait se signaler par cette question : l'image est-elle bien ce qu'elle dit être ? Dans le contexte de l'image scientifique, cette question ouvre sur celle, très vaste, des *artefacts*. Lorsqu'un ordinateur, ou toute autre technologie sophistiquée, produit ce que nous pensons être une image, jusqu'à quel point est-on sûr que ce statut d'image est bien conforme à ce qui est en train d'être produit ? La question de la vérité concerne ici le rapport de conformité entre une énonciation et le statut de l'énoncé. Cette question ne doit pas être confondue avec celle de la *véridiction* telle que l'ont définie Greimas et Courtès, même si elle peut en sembler proche. Il ne s'agit pas ici de *modalités* véridictoires, comme le mensonge ou le secret, mais plutôt de la valeur *juridique* de l'énoncé en accord ou non avec le statut qu'instaure son énonciation. Le problème des artefacts est d'essence *juridique* et pour cette raison met en cause, plus que tout autre, l'économie cognitive des images.

7. Image et expérience

Nous avons commencé cette réflexion en remarquant la relative dissymétrie entre l'image à visée cognitive et l'image à visée artistique. Il ne s'agissait par là que de déstabiliser le sens trop évident d'*image* en le rapportant au problème plus vaste de la valeur. Poursuivant la même intention déstabilisatrice, nous avons par la suite recherché ce que pouvait être la différence entre un objet et une image. Nous l'avons trouvée dans le statut de l'expérience. Nous avons essayé de montrer en quel sens l'expérience d'image ouvre vers des scénographies complexes qui prennent

elles-mêmes leur sens dans diverses économies. Nous avons pour cette raison distingué trois grands types d'images ou, plus exactement, trois façons d'expérimenter une image. Chaque genre d'expérience ouvre sa propre problématique, de telle sorte qu'il nous apparaît maintenant que le mot même d'image reste équivoque si l'on ne décrit pas l'expérience qu'il désigne. Les expériences que nous avons distinguées ne sont pas isolées les unes des autres. On passe de l'une à l'autre par simple accommodation du regard, sans qu'il soit nécessaire de changer d'image. Certains contextes pourtant nous poussent à prendre une direction ou une autre et il est, entre autres pour cette raison, utile de les distinguer. Le tableau suivant résume les trois scénographies, les problématiques propres à chacune et, puisqu'il s'agit d'expériences cognitives, le statut de la vérité qui leur est propre. Comme tous les tableaux, il n'offre qu'un repérage assez succinct qui gomme les interférences et la dynamique de l'ensemble. Nous espérons que l'on pourra y lire l'ébauche d'une paradigmatique des expériences d'image dans un contexte scientifique.

<u>Types Idéaux</u>	Image horizon	Image écriture	Image événement
<u>Problématiques</u>	Constitution d'un référentiel	Parcours génératif de l'expression	Juridique
<u>Véridictions</u>	Accord, désaccord	Cohérence	Image légitime vs artefact

Image scientifique et énonciation du temps¹

Maria Giulia DONDERO
Fonds National de la Recherche Scientifique
Université de Liège

Introduction

Notre étude, portant sur les stratégies représentationnelles de la stratification temporelle dans l'astrophysique et dans l'archéologie, peut être considérée comme appartenant à la catégorie des études relatives à la « science faite », voire aux analyses de la littérature scientifique. Mais on voudrait toute de suite porter l'attention sur ce que cette approche sémiotique de la « science faite » laisse de côté. En fait, cette approche n'est pas sans risque car elle exclut un travail ethnographique de recherche de terrain sur les pratiques et les procédures d'émergence des connaissances en laboratoire (recherches relatives à la « science en train de se faire »)². Cette dernière approche est partagée par un certain nombre de chercheurs en sociologie et anthropologie des sciences, ainsi que par des linguistes interactionnels³ qui étudient les interactions entre chercheurs en laboratoire et les conduites des sciences contemporaines *in vivo*. Ces études ne sont pas du tout de simples transcriptions et de comptes-rendus des séances expérimentales en laboratoire mais des analyses du syncrétisme de parole et gestuel dans un espace institutionnel. Cette approche nous paraît intéressante non seulement parce qu'elle montre une voie parcourable par les chercheurs en sciences du langage qui visent à étudier les pratiques dans leur déploiement (*énonciation en acte*) mais elle offre aussi une voie pour comprendre comment les

¹ Cet article reprend et remanie une étude déjà publiée dans un numéro de la revue canadienne *Protée* dirigé par Catherine Allamel-Raffin (« Regards croisés sur les images scientifiques ») ayant pour titre « La stratification temporelle dans l'image scientifique ». Je tiens à remercier vivement Anne Beyaert-Geslin pour la relecture de ce nouveau texte.

² Sur la distinction entre « science faite » et « science en train de se faire » voir Latour (1989).

³ Voir Goodwin (1994, 1995, 1996, 1999) et Mondada (2005).

stratégies rhétoriques de la littérature scientifique (*énonciation énoncée*) se basent sur une archéologie — au sens de Foucault — qui peut mettre en valeur les négociations et les décisions prises lors des expériences. La littérature scientifique épure souvent des textes, même des textes de recherches, les discussions ayant lieu dans les lieux affectés à la fabrication de la connaissance scientifique. Comme l'a montré Françoise Bastide (2001) il y a déjà vingt ans, les controverses qui sont mises en scène par les articles scientifiques sont des disputes « externes » qui se jouent avec des laboratoires limitrophes et concurrents et qui ne révèlent pas les aventures conflictuelles intervenues au sein du laboratoire d'où ressortent les résultats de l'investigation dont il est question dans les articles.

Au contraire, les recherches des linguistes tels Charles Goodwin et Lorenza Mondada visent à montrer la dynamique de l'émergence des savoirs dans l'interaction entre scientifiques et objets d'enquête (rapports entre les prises de parole, sélections d'intonations⁴, positionnements spatiaux des participants, gestes, outils techniques, etc.⁵). Il s'agit de concevoir l'interaction comme une co-énonciation en acte, où les voix énonciatives sont distribuées dans des réseaux intersubjectifs et interobjectifs. Dans les travaux de Charles Goodwin et dans les travaux de Bruno Latour, les scientifiques et les différents outils techniques se diffractent et se multiplient en des actants — notion permettant de décrire avec une extrême finesse et *transversalement* par rapport aux sujets et aux objets, les micro-actions qui constituent une interaction. Chez Goodwin, c'est l'orientation globale de l'interaction qui sert à démêler, sélectionner et ordonner les micro-actions des scientifiques et des leurs dispositifs de médiation (écrans d'ordinateur, crayon, microscope, appareils de mesure, etc.) — mais le corps du scientifique peut être lui-même étudié dans certains cas comme un dispositif de médiation. Ces choix épistémologiques — concernant la supériorité sémantique de la taille globale sur la taille locale — et méthodologiques — concernant l'analyse actancielle —, qui peuvent se dire comme redevables d'une tradition sémiotique poststructuraliste pleinement assumée par les deux savants, ne visent pas à niveler l'humain et le non-humain comme l'a affirmé Bourdieu (2001) lorsqu'il a évalué le travail latourien⁶ mais ils visent par contre à réduire l'hétérogénéité du plan de l'expression des interactions pour pouvoir cerner les parcours d'iconisation de la connaissance expérimentale.

Les analyses des linguistes de l'interaction peuvent être critiquées en raison de la taille microscopique des événements étudiés, qui ne permettrait pas de dégager des régularités des pratiques, voire une praxis énonciative,

⁴ Pour une aperçue (un aperçu) des conventions de transcription utilisées par les linguistes interactionnels voir Mondada (2005, p. 13 et pp. 31-34).

⁵ Dans les cas de la sociologie des sciences, ainsi que de la linguistique interactionnelle, les méthodes d'analyse qui sont *a priori* exclues sont les interviews aux scientifiques, considérées justement non fiables par rapport à l'observation et à l'analyse de leur savoir-faire en acte.

⁶ Voir Bourdieu (2001) pp. 55-66, mais en particulier p. 62, où Bourdieu parle de « ces fameux "actants" ».

mais seulement la description des énonciations en acte, de cas isolés. Quoi qu'il en soit, il faut sans aucun doute pouvoir étudier de manière intégrée le niveau des pratiques (la science en train de se faire) et celui des textes (la science faite). Dans le cas de l'étude des inscriptions et des images en particulier, qui est le nôtre, ce qu'il faudrait mettre en évidence est, d'une part la chaîne productive des images au sein de l'expérience scientifique (niveau des pratiques) et d'autre part, le positionnement stratégique de ces mêmes images, après sélection et tri, au sein de la publication des résultats dans les différents genres discursifs (niveau du texte). Il faudrait donc rapporter le premier aspect au second : mettre en rapport le processus de visualisation et de fabrication des images en laboratoire avec la disposition rhétorique des représentations visuelles dans la littérature scientifique⁷ — ce que, dans le cadre de ce travail, nous ne sommes pas en mesure de faire⁸.

En fait, en ce qui concerne cette étude nous nous ne livrerons qu'à l'analyse des statuts que les images assument dans la littérature scientifique en essayant de problématiser aussi la question des genres. Ce choix qui réduit nos ambitions aux études de la textualité scientifique ne nous empêchera pas de nous poser des questions sur la relation entre les statuts stabilisés des images en littérature et les statuts que ces mêmes images ont assumés lors de leur production en laboratoire au sein d'une expérience.

1. Autographie et allographie en archéologie et en astrophysique : imagerie, photographie, dessin

Dans le cadre de cette recherche nous envisageons de prendre en considération une problématique qui est *transversale* aux disciplines scientifiques contemporaines : la représentation de la stratification des couches temporelles (présent, passé, futur). En ce qui concerne les disciplines choisies pour cette recherche, l'astrophysique et l'archéologie, elles sont très différentes de part leurs objets d'étude, mais présentent néanmoins un point commun : leurs objets d'étude sont invisibles à l'œil nu. Notre objectif est de comparer les stratégies de représentation de ces phénomènes invisibles à l'œil nu et plus précisément les stratégies de mise en scène de la stratification des couches temporelles. Nous nous proposons d'illustrer comment il devient

⁷ Mais il s'agirait aussi de mettre en évidence comment les pratiques elles-mêmes produisent des textualités tout au long de leur « être en train de se faire » et comment les textes déjà constitués sont manipulés tout au long des expériences... D'ailleurs, comme l'affirme P. Basso Fossali (2006), les textes eux-mêmes sont déjà une forme de gestion, de théaurisation et de mise en mémoire du sens, à savoir une manière de « résoudre » la précarité de la sémantisation des pratiques. Le texte est donc un pôle de normalisation des pratiques.

⁸ De plus, à l'intérieur du niveau du texte, il faudrait comparer les publications officielles et les publications moins officielles des textes scientifiques — pour arriver à identifier un continuum qui va des mises en scène de la production des nouvelles iconographies et des nouveaux objets de savoir (pôle de la recherche) à celles qui fixent et stabilisent l'objet/phénomène de référence (pôle de la vulgarisation), ce que j'appellerai la description sémiotique d'une *ergonomie cognitive* des phénomènes.

possible d'inscrire et de lire cette stratification de traces des temporalités différentes dans les images de ces deux disciplines.

Il faut commencer par illustrer la différence de fonctionnement des visualisations dans les deux disciplines, en partant de quelques considérations générales sur leurs outils d'investigation et leurs degrés de technologisation. On pourrait dire que l'archéologie, à la différence de l'astrophysique, et pour des raisons évidentes, n'a jamais pu s'éloigner complètement de l'investigation par la saisie directe, à savoir par la vision et le toucher, en vue de la classification des différences de couleur, de résistance et de compacité des strates du sol, ainsi que des objets⁹. Ici on ne portera pourtant pas l'attention aux méthodes invasives comme la fouille, qui sont des méthodes de plus en plus délégitimées en faveur des méthodes non invasives et d'investigation indirecte (prospection géophysique et prospection aérienne). En fait, les méthodes invasives de l'archéologie où les mesurages obtenus ne peuvent pas être entièrement *répétés* et *vérifiés*, annulent le principe de l'image scientifique fabriquée en laboratoire — principe qui est le propre de l'image en astrophysique et de toutes les disciplines dont les enquêtes sont tenues pour entièrement contrôlables et falsifiables. L'archéologie n'appartient pas aux disciplines dont les instruments sont considérés comme entièrement contrôlables parce qu'elle recourt à des méthodes d'investigation, comme la fouille, qui rendent impraticable la répétition des expériences par la communauté scientifique. D'une certaine manière, on pourrait dire que l'archéologie des fouilles a plus de mal que l'astrophysique à extraire de ses données des règles de reproductibilité et manipulabilité des résultats obtenus des expériences¹⁰ : l'astrophysique permet un degré plus fort de mathématisation de données et donc de généralisation que l'archéologie. Cela ne veut pas dire pourtant non plus que l'archéologie soit une discipline qui n'a pas d'intérêt à construire de règles visant la comparabilité ou la modélisation des données¹¹. Tout au contraire, il y a une partie de l'archéologie qui se fonde sur une imagerie fabriquée grâce aux prospections en géophysique, ou sur toute autre sorte de technologies de laboratoire visant la datation par exemple (radiocarbone, dendrochronologie, archéomagnétisme, etc.)¹². L'imagerie produite grâce aux prospections géophysiques qui exploitent des propriétés physiques — comme par exemple la résistivité électrique —, pour prélever des informations sur les structures matérielles du sous-sol permet la totale contrôlabilité des résultats de

⁹ Pour une étude des pratiques d'investigation du sol *via* la vision et le toucher en archéologie, cfr. Goodwin (2000).

¹⁰ Pour un aperçu général des méthodes de traitement des données afin de décrire et classer les objets en archéologie (méthodes graphiques, méthode de traitement des tableaux, méthodes statistiques) et d'analyser les sites (méthodes cartographiques et statistiques), voir Giligny (2005).

¹¹ Pour approfondir la question de la répétabilité des expériences et de la validité d'une méthode hypothético-déductive en archéologie voir le remarquable article de Jean-Paul Demoule (2005).

¹² Voir à ce propos A.a.Vv. (2005b).

l'investigation. Cette contrôlabilité est due non seulement à la digitalisation des mesurages, mais aussi au croisement de ces mesurages avec le quadrillage du sol¹³. Ces méthodes empruntées à la géophysique¹⁴ permettent de construire des véritables cartes représentant la distribution des propriétés physiques et donc une géographie des caractéristiques des différentes zones des sols et des sous-sols. À travers le croisement de méthodes différentes d'investigation, comme le quadrillage du sol et les prospections géophysiques, on peut considérer que ce domaine de l'archéologie aspire à une certaine contrôlabilité collective des investigations et à une certaine reproductibilité des données (notationnalité)¹⁵.

Tout cela n'empêche pas de se rappeler que, à différence de l'astrophysique qui est dominée par l'imagerie, en archéologie on utilise des méthodes de mesure et d'investigation comme la photographie et le dessin¹⁶. Ces méthodes d'investigation sont surtout utilisées dans le cadre de l'archéologie dite invasive, où il s'agit justement de témoigner des travaux de fouille et de comprendre par exemples les modes de fabrication des objets découverts. Si le dessin est pris, dans des multiples études sur l'image scientifique, comme l'exemple le plus pur d'un régime de signification autographique (Goodman 1968 ; Dondero 2009a) et comme l'instrument le plus lointain de l'imagerie — le dessin étant une technique qui dépend fortement d'une trace *singulière* sensori-motrice et donc moins contrôlable et reproductible —, cela n'est pas vrai dans le cas de l'archéologie. En fait, le dessin est considéré comme étant plus adéquat que la photographie pour l'investigation des objets archéologiques. Très tôt, en fait, la photographie a été considérée comme une technique ne permettant pas de répondre aux exigences de l'analyse archéologique, parce que trop peu sélective¹⁷. L'archéologie a toujours privilégié le dessin à la photo, comme si le dessin se rapprochait plus que la photo des règles de l'imagerie. Comment serait cela possible ? Quelles sont les caractéristiques et les avantages analytiques que l'imagerie et le dessin partagent et que la photographie ne peut pas atteindre ? En archéologie, à la différence d'autres disciplines, la transformation d'une photographie en dessin permettrait d'attendre une plus forte allographisation des données, allographisation que la photographie ne permettrait pas d'assurer, étant trop liée à la trace « locale » de ce qu'elle met en scène.

Essayons de mieux nous expliquer. L'archéologie et l'astrophysique visent à produire, à partir des traces ou des données recueillies, un « quelque chose » que la communauté scientifique puisse appeler « objet », à savoir

¹³ Voir à ce sujet A.a.V.v (2006).

¹⁴ Sur la relation entre archéologie et « sciences connexes » telles la physique (pour la datation via le carbone 14), la géologie (pour la méthode stratigraphique) etc. voir Demoule (2005).

¹⁵ Sur la notion de notation voir Goodman (1968).

¹⁶ Voir Daston et Galison (1992 et 2007).

¹⁷ Cela dit, les procédures et les techniques classiques photographiques sont encore utilisées pour témoigner de multiples objets : un état de la fouille, un état du sol ou un objet qui en a été extrait. Voir Chéné, Foliot, Réveillac (1999).

quelque chose de justifié (indicialité), stabilisé (iconicité), partageable (symbolicité)¹⁸. Même si elles visent à rendre compte d'un objet d'analyse, l'archéologie et l'astrophysique visent aussi à rendre manipulable cet objet, en vue d'une investigation plus ample et en vue de la production d'hypothèses qui puissent permettre de réutiliser les données incorporées en cet objet pour d'autres recherches futures (généralisation des résultats). Si le régime autographique concerne la *fixation sur un support* de la densité des *traces* d'un processus ou d'un phénomène, le régime de l'allographie concerne par contre des stratégies de digitalisation des traces et des données (de-densification) en vue d'une modélisation de ces dernières. Pour simplifier on pourrait affirmer que l'image autographique témoigne d'une relation unique et non répétable¹⁹ avec le phénomène observé ou détecté (le support d'inscription maintient sa pertinence), alors que le régime allographique de l'image ne rendant pas pertinent l'ancrage des données sur un support, offre la possibilité aux scientifiques de poursuivre un parcours de schématisation qui en fera une sorte d'image-modèle, utilisable pour d'autres phénomènes à investiguer. L'image dans le régime de l'allographie a un statut de texte d'instructions (partition) à utiliser pour accomplir d'autres investigations ; elle pourrait se dire une image prédictive, orientée vers le futur.

Dans cette perspective, on peut plus facilement préciser la question de la plus ou moins forte adéquation de la photographie et du dessin aux nécessités de l'archéologie²⁰. Un des problèmes posé par l'utilisation de la photographie est la difficulté de discriminer l'information utile de celle contingente et de rendre homogènes toutes les traces que l'œil mécanique n'est pas capable de distinguer, bref de ne pas rendre immédiatement visibles les données pertinentes et recherchées. Le dessin, par contre, paraît mieux s'adapter aux exigences de lisibilité des objets en archéologie parce qu'il est un instrument plus analytique. A ce propos Allamel-Raffin remarque que les champs disciplinaires qui se sont intéressés à la photographie, par exemple l'astronomie, sont ceux qui avaient des difficultés de captation. Or dans le cas des objets archéologiques, l'objet ne pose pas de problème de captation étant de taille macroscopique : « La finalité visée par les archéologues n'est pas de montrer que l'objet existe, mais de montrer de manière précise comment il a été fabriqué » (Allamel-Raffin, 2010). Il faut donc conclure que, dans une discipline comme l'astrophysique où la première difficulté réside dans la captation des données, les chercheurs vont se tourner vers des dispositifs imageants permettant d'attester l'existence même de l'objet avant même d'en étudier les propriétés telles la photographie et l'imagerie. Dans le cas de

¹⁸ Sur le concept d'iconicité voir Bordron (2000, 2004) et en ce qui concerne la stabilisation des objets scientifiques en image voir Bordron (2009) et Dondero (2009a).

¹⁹ A ce sujet voir Dondero (2009a). Pour une lecture peircienne de la production d'images en astrophysique voir Allamel-Raffin (2004).

²⁰ Sur la chronophotographie de J.-E. Marey en tant qu'instrument analytique voir Didi-Huberman et Mannoni (2004), et pour une relecture sémiotique voir Dondero (2009b). Sur le dessin en tant qu'instrument analytique voir Baetens (2010).

l'archéologie les deux types de méthodes sont également nécessaires : l'imagerie et la photographie aérienne servent à identifier les caractéristiques des sols et la constitution matérielle des objets sans les détruire ni les déplacer, tandis que, une fois ces objets découverts, la transformation de la photographie d'un sol mais surtout d'un objet en dessin est nécessaire pour pouvoir mieux saisir les orientations des formes et les traces de la fabrication des objets. Mais dans les deux cas, de l'imagerie et du dessin, l'objectif est toujours le même : faciliter la *comparabilité* entre différentes données et différents objets, objectif qui n'est pas facilement atteignable par la photographie entendue en tant qu'empreinte.

2. La représentation des stratifications temporelles

On voit bien que les deux disciplines se révèlent comme très différentes à l'égard des objectifs et des méthodes d'investigation (montrer l'*existence* d'un objet et étudier ses propriétés physico-chimiques pour l'astrophysique, montrer les *processus de constitution et de conservation* des objets dans le temps pour l'archéologie). Mais toutes deux visent, comme but final de l'investigation visuelle, la représentation des strates temporelles, et plus précisément cherchent à savoir comment l'état présent des choses empêche de voir le passé dans le cas de l'archéologie, comment le passé et le présent d'un astre permettent de prédire le futur en astrophysique.

L'analyse des méthodes prendra ici en considération, pour l'archéologie, la prospection aérienne et surtout les prospections géophysiques, deux méthodes non invasives²¹. Les prospections géophysiques rendent possible la détection des processus qui ont présidé à la formation du sous-sol via la visualisation des propriétés de ce dernier. La prospection aérienne est bien une photographie, mais une photographie qui, comme le dessin, permet de mettre en valeur des caractéristiques choisies du sol. Cette prospection permet une vision autographique orientée par des codages allographiques : il s'agit d'une photographie *sélective* permettant de s'émanciper du localisme de l'empreinte photographique et d'atteindre à un certain degré de contrôlabilité et reproductibilité de ces résultats ; ces genres de prospections aériennes permettent la digitalisation des données et ensuite leurs manipulabilité.

En ce qui concerne l'astrophysique, je prendrai en considération l'analyse spectrale et la mise en relation des détections selon différentes longueurs d'ondes se situant entre l'astronomie gamma et l'astronomie radio et permettant la détection des évolutions temporelles des différents astres. Le spectre d'un astre permet l'individuation de sa température, la composition chimique, la vitesse de rotation et donc des procès de sa formation, durée et

²¹ Il s'agit de procédures non invasives à *inventaire*, qui sont liées à une *chronologisation relative* qui vise à étudier la relation entre strates du sol et du sous-sol, à l'inverse de la méthode de la fouille, invasive, qui est liée à une *chronologie absolue* qui vise à faire correspondre des objets et des événements à des phases précises du passé. Pour plus de précisions à ce sujet cf. A.a.V.v. (2006).

explosion. La caractéristique de l’astrophysique est que le spectre électromagnétique permet la facile transduction entre une détection et l’autre, une longueur d’onde et l’autre : le spectre électromagnétique permet de prendre en compte comment un objet détecté dans une longueur d’onde est visualisable (ou pas) à travers une autre longueur d’onde, à une autre échelle²², etc. Grâce au spectre électromagnétique qu’on pourrait nommer un instrument traducteur, l’astrophysique est capable de rendre facilement comparables les traces et les données des processus du ciel. Ces données deviennent des *data set* disponibles, par implémentation informatique, pour un nombre infini de visualisations selon différents points de vue et angles de pertinence. Ces visualisations en série visent la construction d’un répertoire d’images utiles pour modéliser d’autres réalités à analyser. Chaque configuration de données devient ainsi reconfigurable à partir d’un changement contrôlé de ses paramètres de visualisation et changement de perspective en vue de l’exploration. Il ne s’agit donc plus ici de la notion classique d’image qui se constitue en tant que telle à travers la stabilisation en une *iconographie*, mais d’un *environnement virtuel* qui produit des modes d’actualisation possibles de données (visualisations).

3. L’image et la visualisation en astrophysique

Partons de l’astrophysique et de l’analyse spectrale, en examinant trois types d’images qui permettent d’envisager trois moments différents dans la construction des iconographies et qui témoignent de trois manières de codifier visuellement les procès temporels.

Je partirai avec la description des images-résultats, les images finales des astres, qui intègrent dans leurs topologie plusieurs détections différentes de la lumière et qui composent l’iconographie de ce qu’on a appelé un « objet », dans ce cas spécifique un objet astral. Je poursuivrai ensuite avec les second type d’images, les visualisations « partielles » des astres qui dépendent d’un seul instrument de détection et qui doivent ensuite être intégrées à d’autres visualisations pour devenir elles aussi des images constituant un objet. Le troisième type d’images concerne des visualisations de forces lumineuses (images-mesure), qui se révèlent comme des cartes qui doivent encore être configurés en des visualisations partielles d’un astre.

Les images-résultats et les images-mesure peuvent être considérées d’une certaine manière comme des images appartenant au régime autographique. Mais il s’agit bien évidemment de deux autographies différentes. Par contre, les visualisations partielles partagent certaines caractéristiques du fonctionnement allographique et sont proches de ce qu’on vient d’appeler « environnement virtuel ». On y reviendra.

Notre description des trois types d’images procédera donc avec une orientation par démontage avec les images d’astrophysique (le parcours qui va de l’image-résultat à l’image-mesure qui recueille les premières données)

²² Voir à ce propos Nazé (2010).

et par montage avec les images d'archéologie (le parcours qui va de l'image qui recueille les premiers données jusqu'à l'image finale).

3.1 Les images-résultat

Comment faire pour connaître l'âge, le moment de la naissance et de la mort des astres ? C'est à travers la collecte de la lumière selon les différentes longueurs d'ondes qu'on peut identifier l'histoire d'un astre. Prenons le cas des nébuleuses, qui évoluent très rapidement. La nébuleuse est un résidu des gaz éjectés par une étoile agonisante. Ceci est l'image de la *spirograph nebula* (Photo 1).



Photo 1. IC 418 : *The spirograph Nebula* © R. Sahai et al, The Hubble Heritage Team et NASA

La profondeur spatio-temporelle du ciel peut être saisie et mesurée à travers la collecte de la lumière dans différentes longueurs d'onde. Ces longueurs d'ondes qui sont censées être des sensibilités à travers lesquelles les phénomènes astraux se manifestent, nous communiquent des informations sur les transformations chimiques, de températures, de vitesse de rotation, etc. Déjà à partir des fréquences de détection qui se révèlent pertinentes à la détection on peut faire des hypothèses sur la durée des événements, étant donné qu'à partir des zones du spectre susceptibles à la détection on peut prévoir les rythmes et les vitesses de développement de ces mêmes événements.

Ces types d'images, qui sont présentes surtout dans les textes de vulgarisation scientifique, rassemblent les diverses captations de lumière obtenues dans les différentes longueurs d'onde et s'offrent comme des

documents d'identité des astres, des documents qui ne sont pas des photographies de ce que l'objet est au moment de la captation, mais de son histoire (passée et future). Cette image est une mosaïque construite par sommation intégrée des processus de transformation de l'astre qui sont codifiés en des phases de la vie (naissance, développement, mort). Ce sont des images qu'on pourra nommer des *cartographies temporelles* parce qu'elles identifient un objet : c'est l'espace temporel d'existence entier d'une nébuleuse qui est cartographié, et qui est présent dans l'image — qui fonctionne par conséquent comme une synthèse spatiale des temporalités accumulées et prévisibles. Cette image codifie par les biais des configurations chromatiques, eidétiques et topologiques, des informations recueillies par les différentes détections. Cette codification finale intègre les informations partielles et les fixe dans une iconographie. On peut aussi l'appeler image « finale » d'un astre parce qu'elle peut être saisie comme *la transduction de plusieurs scénarisations* (les différentes détections selon des longueurs d'onde différentes) qui permet enfin une intelligibilité des transformations passées (qui déterminent celles futures). L'intégration de différentes scénarisations (visualisations partielles) que cette image synthétise en fait une image clôturée et par conséquent une *domestication fictive* d'une observation potentiellement interminable et d'investigations potentiellement infinies. C'est cette domestication qui rend possible l'institutionnalisation d'un objet de connaissance.

3.2. Les visualisations en série

Celles que nous avons appelées jusqu'ici des visualisations partielles d'un astre mettent en scène non pas la commensurabilité des détections et leur stabilisation finale, mais justement les différents modes de détection d'un même astre.

Ces quatre images montrent le résidu de la supernova *Cassiopee A* (Photo 2).

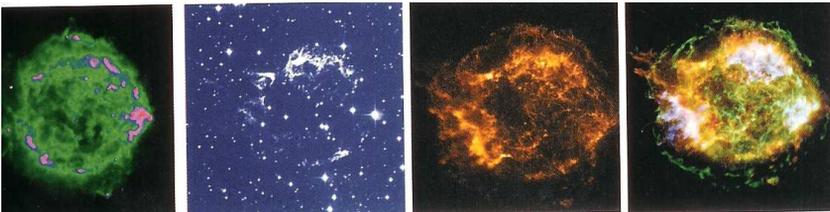


Photo 2. De gauche à droite : © NRAO/AUI ; MDM/R. Fesen ; NASA/CXC/SAO ; NASA/CXC/SAO.

La première est une image radio, la deuxième optique et les deux dernières ont été obtenues par le télescope Chandra aux rayons X à une distance de quelques années l'une de l'autre. À partir des restes de l'explosion qu'on obtient avec l'image radio, et la mesure de sa vitesse

d'expansion obtenue grâce à la troisième image, en rayons X, les astrophysiciens ont pu faire l'hypothèse, à partir des théories de la relativité générale, qu'elle a dû exploser en 1680 ; avec un nouveau dispositif du télescope Chandra on a pu confirmer enfin ces hypothèses sur la date de l'explosion. La possibilité d'obtenir une bonne datation dépend ainsi de la synchronisation entre les événements du ciel et les avancées techniques.

Ces images témoignant des moments d'observation différents doivent se traduire mutuellement afin de composer une cartographie temporelle qui stratifie toutes les phases de l'événement. Cette série d'images met en scène le rapport entre les différentes puissances des domaines de détection et l'effort progressif pour recueillir tous les éléments nécessaires pour la constitution d'une image finale et donc d'un objet. Ainsi, elles problématisent le fait que les avancées technologiques que les différentes détections permettent ne s'effectuent pas parallèlement à l'évolution chronologique des astres. Si l'on ne peut pas identifier la date de naissance ou de mort de certains astres, par exemple, c'est parce qu'on n'arrive pas à « capitaliser » l'alignement des traces de lumière obtenues à travers les diverses captations par les différentes astronomies²³. Chaque phase de la vie d'un astre, chaque processus qui a lieu en un certain laps de temps n'est captable que par certaines longueurs d'onde. Il existe des astres dont on a pu obtenir l'histoire complète et d'autres dont l'image-cartographie attend encore des confirmations par d'autres détections superposables : très souvent on arrive à dater la naissance d'un astre très longtemps après les premières observations de sa vie adulte.

Comme on l'a dit, les images-cartographies feront la synthèse des divers moments d'observation et de détection contenus dans les visualisations partielles. Cette partialité n'est pas une partialité de structure visuelle : il ne s'agit pas de « parties » de l'objet qu'on pourrait identifier en des formes constituées. Il s'agit des « parties » qui sont identifiables par des événements temporels, ou bien des transformations chimiques, qui peuvent se dire constituant des unités parce qu'elles sont déterminées par des valeurs similaires et censées être regroupées en unité. Ces unités sont constituées à partir des similitudes établies par des cohérences temporelles et

²³ Par exemple, en ce qui concerne les supernovas, il a fallu attendre les avancées techniques de l'astronomie X et gamma pour pouvoir fabriquer des cartographies temporelles comme on en a eu un exemple toute à l'heure. La vie adulte d'une supernova est détectable à travers des longueurs d'ondes à basses fréquences comme les longueurs d'onde du visible ou de l'infrarouge, mais sa naissance est détectable dans le rayons UV, rayons X ou gamma, à savoir dans les observations astronomiques qui seules captent des phénomènes à des fréquences élevées, et qui n'ont pas été possibles jusqu'il y a peu de temps. En effet, le moment de l'explosion/naissance est obtenu à travers des détections qui sont devenues fiables au cours de 20 dernières années ; au contraire les processus de la vie adulte de l'astre ont été détectés il y a plus que 40 ans à travers les captations dans la longueur d'onde des rayons visibles. C'est pour cela qu'il peut arriver qu'on identifie des processus sans pouvoir les « caser » comme appartenant aux bons objets dont on postule l'existence.

d'homogénéité de fonctionnement et elles acquièrent le statut de parties d'un objet global, voire l'astre. Ces parties sont visualisables en tant que distances, nuances chromatiques, contours plus ou moins nets, mais pas en des parties de formes constituées. Les formes pourraient se dire constituées lorsque l'iconographie finale d'un astre est stabilisée et acceptée par la communauté scientifique.

Les visualisations partielles ne sont justement pas des images parce qu'elles n'ont pas encore trouvé une stabilisation iconographique ni institutionnelle. Elles sont des visualisations qui actualisent des valeurs d'un environnement virtuel et qui, étant des unités distinctes, sont combinables avec d'autres unités selon un alphabet qui est stabilisé par le spectre électromagnétique et une grammaire qui est déterminée par les règles qui se sont constituées tout au long de l'histoire de la discipline.

3.3. Les images-mesures

Si l'on peut considérer la première image comme une image composite qui met en scène la sommation des données par superposition, et les quatre visualisations en série comme des confirmations par différentes méthodes de détection et des preuves mutuelles de l'existence de quelque chose d'homogène qu'on pourra ensuite appeler un objet, cette troisième image (photo 3) est de type encore différent.

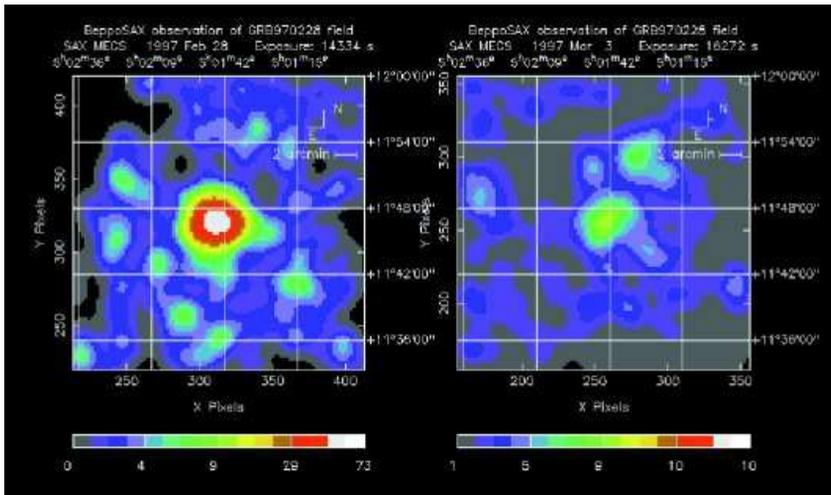


Photo 3. BeppoSAX/Team.

Cette image mettant en scène la première localisation exacte d'un sursaut gamma en rayons X par le satellite Beppo-SAX assume le statut d'épreuve des procédures de mesure. Elle n'identifie pas un sursaut en tant qu'objet, mais des « réponses » contrôlées aux tentatifs d'identifier les valeurs pertinentes à l'apparition d'un phénomène dont on avait postulé une

classe de possibles apparitions et fonctionnements. Ceci n'est pas une image de quelque chose, mais bien une carte qui permet de visualiser en unité les différentes sensibilités de la lumière à un même événement. Cette image montre donc la sensibilité relative des divers domaines de longueurs d'onde à un même phénomène ; on obtient ainsi les valeurs de ce phénomène à travers la visualisation des différences chromatiques et des distances entre ces dernières. Ces distances représentent l'espace-temps qu'il faut pour que les sources de l'événement parcourent tous les domaines de sensibilité du spectre, des ondes gamma aux ondes radio. En fait, lorsqu'on veut calculer le moment de l'explosion d'une étoile qui a abouti à la formation d'un trou noir, l'image-mesure nous montre à quelle distance spatio-temporelle par rapport à notre espace-temps cette explosion a eu lieu. On obtient cette distance à travers le calcul de la progressive *différence d'intensité* d'émission de la lumière dans les différents domaines de longueurs d'onde — des résultats gamma jusqu'aux résultats des astronomies visible et radio tout au long d'un certain laps de temps. Par exemple, dans les cas de la formation des trous noirs, leurs champs gravitationnels provoquent une telle libération d'énergie que seul le domaine gamma peut détecter. Mais l'astronomie gamma, manquant de capteurs à haute définition pour détecter les sursauts, ne peut donner des informations sur les sources des explosions des astres et de la formation de trous noirs qu'en calculant la distance temporelle qu'il faut à ces sursauts pour devenir détectables en tant que résidus par les autres longueurs d'onde. On doit donc attendre que les sursauts gamma refroidissent et deviennent visibles aux rayons X après quelques heures ou dans le domaine optique après quelques jours et dans le domaine radio après quelques semaines. Cette image montre que la captation des sursauts résiduels aux rayons X a permis d'identifier les astres à partir desquels l'explosion d'une étoile et la formation d'un trou noir ont eu lieu. L'écart entre le rouge et les autres couleurs met en scène la distance entre la source de l'explosion et les sources de la détection : plus l'écart du rouge au bleu et au vert est important, plus la source est distante et plus notre regard vers le passé est puissant. Le rapport spatial, que la grille rend mesurable, entre le bleu et le rouge en passant par le vert et le jaune, montre la durée du refroidissement progressif du sursaut.

3.4 Énonciation de phénomènes, énonciation de règles

Comme on l'a dit au début de ce chapitre sur les trois types d'images, le premier type concerne une cartographie temporelle qui implique un régime iconographique accepté et stabilisé : il s'agit d'une image finale et isolée, destinée surtout aux genres de la vulgarisation. Dans le troisième cas nous sommes face encore une fois à une cartographie, mais cette fois il s'agit d'une cartographie qui ne stabilise pas un objet à travers une iconographie, mais qui met en scène la topologie de valeurs lumineuses qui pourront aider la compréhension d'un phénomène jusqu'à maintenant seulement postulé. Elle montre les zones de frontière entre les mesurages qui vont constituer un événement dont les phases sont déterminées encore une fois par les

différentes sensibilités à la lumière. Avec la première image, l'image-résultat, on est au bout de la chaîne des codifications des données, avec l'image-mesure on est au début de la chaîne. La seule codification visible est le maillage qui permet de croiser les intensités des valeurs lumineuses avec leurs étendues dans la topologie de l'espace céleste.

Si ces deux images sont des cartographies, il faut remarquer qu'elles manifestent un rapport très différent avec leurs instruments de fabrication. L'image-mesure dénonce son dispositif énonciatif ce qui en fait une image susceptible de devenir un lieu d'opérativité et de manipulation. Les paramètres qu'elle met en scène permettent la poursuite de l'investigation, aussi bien la manipulation des résultats qu'une éventuelle simulation qui permettrait de répéter l'événement. L'image-résultat par contre ne nous donne aucun ancrage spatial, aucune information sur ses échelles, voire sur les références spatio-temporelles de son énonciation (d'ailleurs les énonciations sont multiples...). On voit bien que les procédures de traduction des détections différentes, de composition d'une commensurabilité et de stabilisation de l'iconographie d'un objet ont lieu au détriment de la révélation et de la mise en scène du/des dispositifs qui ont rendu possible l'existence de cet objet lui-même. D'une certaine façon on pourrait dire que l'objet final apparaît une fois que son énonciation a été masquée, cachée, presque éliminée ce qui est un fait un peu paradoxal. D'ailleurs toutes les images et les visualisations qui présentent les dispositifs qui ont permis leur énonciation ne sont que des images intermédiaires, des images-laboratoire qui fonctionnent comme des passeuses.

Avant de décrire les caractéristiques des visualisations en série (ou visualisations partielles) je voudrais revenir sur la question de l'autographie de ces deux types d'images dont il est question. J'ai remarqué en passant, au chapitre 3, que les images-résultats et les images-mesure peuvent être considérées comme des images appartenant au régime autographique. Comme je le disais, il s'agit évidemment de deux autographies différentes. Selon la définition la plus classique d'autographie, on pourrait dire que l'image-mesure enregistre des traces d'un phénomène et dans son support conserve la trace de l'espace d'origine du phénomène. On pourrait dire que l'image est en partie autographique parce qu'elle témoigne de la configuration *unique* des relations et des frontières entre valeurs lumineuses comme elle a été « prise » lors d'une explosion. Ensuite ces relations et ces frontières pourront être manipulées, mais dans ce dernier cas, elles ne témoigneront plus d'un événement, mais de différentes manières de le rendre utilisable pour d'autres objectifs scientifiques. Si dans ce cas on pourrait donc parler d'une autographie inchoative — et qui est censée être dépassée pour laisser la place à des visualisations partielles, voire à des visualisations de chaque détection, à l'occasion ré-combinables —, dans le cas de l'image-résultat on pourrait parler d'une autographie terminative. En fait, il s'agit d'une autographie obtenue non pas par conservation des traces, mais par construction de commensurabilité d'investigations et ensuite par stabilisation de résultats et institutionnalisation des formes. Le fait que ces images-résultat

ne permettent plus de contrôler leurs dispositifs énonciatifs montre bien qu'elles sont devenues des images non-manipulables, presque auratiques, comme les tableaux artistiques. Les images-résultat excluent la manifestation des échelles : dans la vulgarisation tout se nivelle. Même si ces images sont produites par une composition de visualisations partielles, qui sont recombinaisons à l'intérieur de ce qu'on a appelé un environnement virtuel, elles tendent à nous le faire oublier parce qu'elles cachent leurs moyens de fabrication et se manifestent comme des images finales et définitives chosifiant un objet. Elles veulent offrir sur cet objet le dernier mot, au-delà duquel on ne va pas : c'est pour cela qu'elles suppriment toute référence à des paramètres qui pourraient les rendre encore manipulables et opératives. C'est comme cela arrive avec les tableaux et d'autres œuvres d'art : en art on signe pour dire que chaque trait est le bon, le définitif, et qu'on ne peut plus rien modifier, ici on supprime les échelles et les références à l'énonciation. Ces images « muséifient » les résultats des investigations qui les ont constituées ; il y a donc un fort rapport entre le régime de la stabilisation/institutionnalisation d'un objet scientifique voire de la vulgarisation et celui de l'œuvre d'art. Dans les deux cas, l'image se manifeste comme quelque chose sur quoi on a mis le mot « fin ».

Au contraire, dans le deuxième cas, exemplifié par la séquence de visualisations partielles de Cassiopée A, nous sommes face à un régime discursif qui prend en compte des avancées expérimentales et montre les ajustements d'une recherche en acte²⁴. Ces visualisations montrent, au contraire que l'image finale, qu'un objet astral n'est pas une chose unique, unifiée, mais le résultat de valorisations et de filtres différents qui peuvent plus ou moins l'actualiser. Ces filtres et les paramétrages sont visibles non pas à travers un maillage, comme dans le cas de l'image-mesure, mais ils sont visibles grâce au fait que les visualisations-actualisations sont disposées en série : le rapport entre elles est mis en évidence et c'est cette mise en relation, cette « équivalence » entre les visualisations qui montre qu'une grammaire de la manifestation d'un astre peut exister, qu'on peut la constituer à travers le couplage entre des visualisations disjointes et des comportements astraux. Une fois cette grammaire établie, on peut même tenter des simulations et prédire comment un astre avec telles et telles caractéristiques pourrait/devrait se comporter. La mise en rapport et la recherche des commensurabilités entre différents domaines de détection devrait justement permettre de constituer une grammaire. Cette grammaire est ce qu'on a appelé environnement virtuel, qui peut être actualisé par les différentes visualisations.

²⁴ La mise en scène des quatre détections montre les parcours pas toujours parallèles entre la progression chronologique de la vie d'un astre et les phases de la recherche scientifique.

4. La superposition des images en archéologie

Je vais aborder à présent, bien plus brièvement, les stratégies de fabrication des images en archéologie. L'image suivante (Photo 4), qui apparaît, en termes de syntaxe figurative²⁵, comme très semblable à la troisième image décrite dans le domaine de l'astrophysique, appartient à la prospection géophysique, et plus précisément à la prospection électrique.

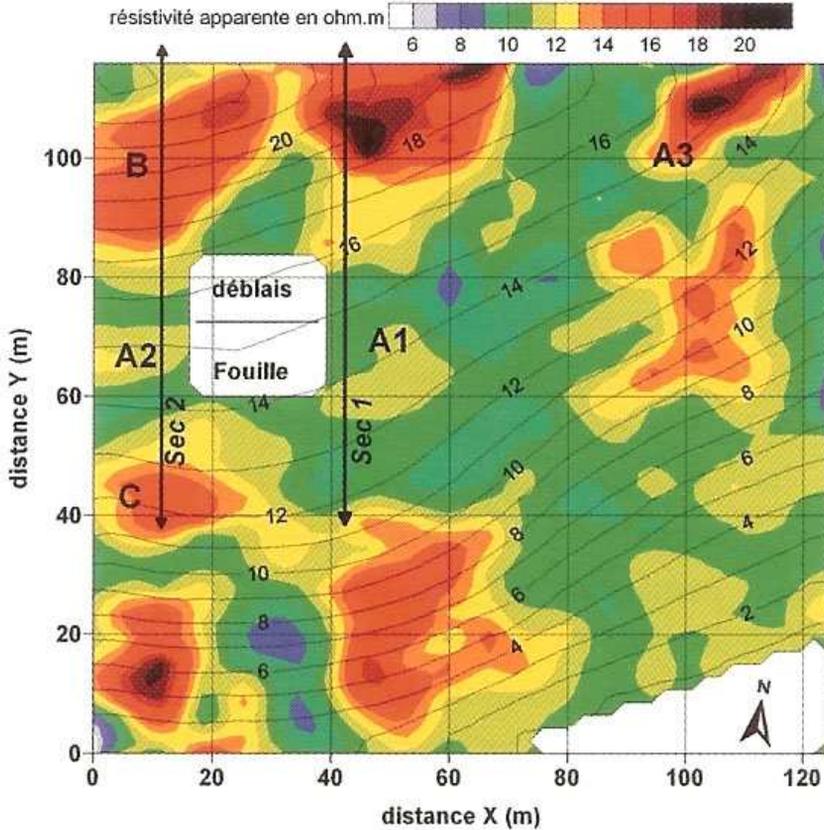


Photo 4. Bordeneuve à Beaugas, Lot-et-Garonne, 1988. Superposition de l'image électrique horizontale et de la topographie. Image publiée dans Martinaud, 2005, p. 30.

Cette méthode exploite une propriété physique, la résistivité électrique, afin de prélever des informations sur les structures du sous-sol. Cette propriété physique permet de caractériser la difficulté que le courant électrique rencontre en traversant certains matériaux, comme par exemple les

²⁵ J'entends ici par syntaxe figurative la manière dont les formes s'inscrivent et se stabilisent sur un support. A ce sujet cf. Fontanille (2004).

terrains argileux. On peut obtenir les mesures des résistivités électriques en injectant dans le sol un courant de faible intensité et de fréquence connue. Ce courant crée dans le sol un potentiel électrique variable dans l'espace mesuré ; la différence de potentiel énergétique entre le courant injecté et la réponse des zones du sol donne comme résultat les valeurs de la résistivité électrique. Voilà qu'on retrouve dans les méthodes de la géophysique ces stratégies de fabrication des images qu'on pourrait nommer d'énonciation / exploration en suivant Jacques Fontanille (2007) qui en a décrit le fonctionnement dans l'imagerie médicale et dans le domaine de la biologie. Dans l'imagerie l'actant de l'énonciation qui permet la fabrication des visualisations n'est pas la lumière, mais un processus d'exploration induit artificiellement en laboratoire se fondant sur des tensions entre excitation et relaxation des orientations de forces (qui se manifestent par exemple dans un organe) : l'excitation de certaines sensibilités et les réponses à cette excitation sont exploitées pour produire des images qui sont conçues comme révélatrices²⁶.

Dans cette image, les différences chromatiques entre le rouge et le vert renvoient aux différences de résistivité électrique des différentes zones du sous-sol et donc à la présence de structures plus ou moins profondes, plus ou moins dures, plus ou moins calcaires, plus ou moins bien conservées. Le contraste entre les propriétés physiques dans les diverses zones d'un même milieu permet de faire des hypothèses sur les structures présentes dans le sous-sol, sur leurs positions dans la profondeur et sur leur état de conservation. Le quadrillage que l'on voit sur l'image sert d'instrument de paramétrage : ce quadrillage est projeté sur l'image électrique et mesure la distance entre un point et l'autre de la zone prise en considération (à savoir la distance entre les électrodes présentes dans le sol). C'est grâce à ce quadrillage qu'on obtient des résultats interprétables et ensuite répétables.

Comme le montrent cette autre image (photo 5), pour pouvoir déterminer le lieu de la fouille ou les endroits où il faut prendre d'autres mesures à travers d'autres méthodes d'investigation, il faut mettre en rapport les résultats de différentes résistivités électriques témoignées par les zones chromatiques avec d'autres formes de représentation, tel par exemple le fond cadastral.

²⁶ Cf. à ce sujet Aa.Vv. (2005a).

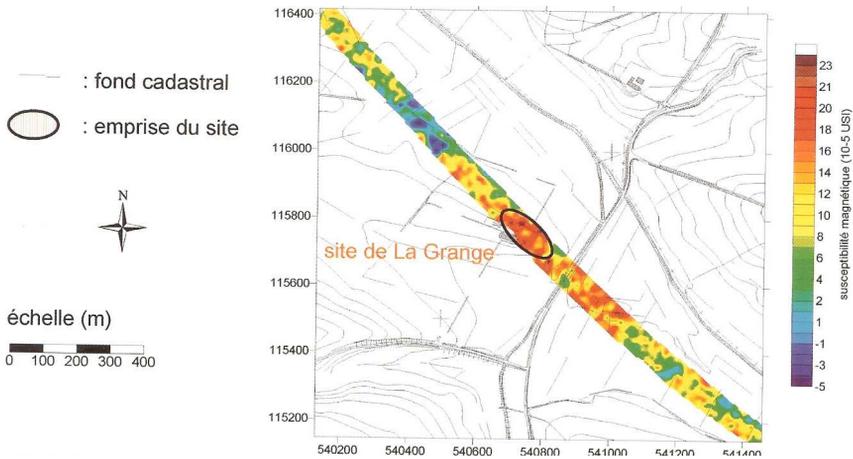


Photo 5. Site de la Grange, Haute Garonne.
Image publiée dans Marmet et alii (2005), p. 38.

La concentration du rouge indique une zone où les valeurs de la résistivité sont très élevées et la présence de structures plus superficielles ou bien plus calcaires qu'aux alentours. D'autres images mettent en scène des stratégies représentationnelles différentes se superposant (fond cadastral et prospection électromagnétique, dessin 3D de la stratification des strates du sous-sol et photographie aérienne, etc.). Les superpositions les plus intéressantes pour notre comparaison sont pourtant celles qui mettent en relation les images-mesures de la prospection électromagnétique avec les images produites par la prospection aérienne²⁷.

Quand on superpose les images produites par la prospection aérienne et celles de la prospection électromagnétique, par exemple, on obtient des images comme celle-ci (photo 6) où l'hétérogénéité des méthodes de détection, à la différence de l'astrophysique, produit une hétérogénéité irréductible. Cette hétérogénéité offre ce qu'on pourrait appeler une *intravision diagrammatique*.

²⁷ La prospection aérienne vise à étudier les anomalies du sous-sol à travers au moins quatre types d'indicateurs au sol : 1) les indicateurs phytographiques, qui révèlent les anomalies de la végétation là où il y a des perturbations du sous-sol ; 2) les indicateurs hydrographiques qui n'apparaissent qu'en présence de certaines situations climatiques, tel par exemple un orage ; 3) les indicateurs pédographiques, dus aux différences de la couleur du sol qui révèlent les cultures anciennes ; 4) les microreliefs qui sont visibles par une lumière radiante.



Photo 6. Prospections magnétiques autour des palais de rois perses, superposées aux photos aériennes par le centre archéologique de Persepolis.
Image publiée dans A.a.V.v. (2005), p. 11.

Dans cette image on a affaire à deux syntaxes figuratives juxtaposées : l'intravision diagrammatique est justement un interstice entre deux systèmes de pertinence, entre deux régimes de regard et d'investigation. L'intravision diagrammatique est une forme de visibilité nouvelle produite par la transposition réciproque de deux régimes de pertinence perceptive et de la résultante de deux unités de mesure dont il faudrait trouver une commensurabilité. L'intravision diagrammatique est une vision interstitielle qui permet d'apercevoir une possible transposabilité de relations d'un système d'investigation à l'autre.

On s'aperçoit que les choses se passent de manière très différente en archéologie par rapport à l'astrophysique : on pourrait dire qu'ici aussi on a des visualisations partielles, mais ces visualisations partielles ne sont pas censées trouver une transposabilité totale, ni l'homogénéité qui est par contre garantie par le spectre électromagnétique en astrophysique. Ici la transposabilité doit rester simplement possible. A travers ces méthodes d'investigation on n'a pas comme résultat des objets définitifs, mais seulement des cartes qui peuvent nous donner des indications sur des actions futures, plus ou moins envisageables et prometteuses.

Dans notre image cette commensurabilité envisagée est supportée sur le plan de l'expression par des réseaux de relations qui se caractérisent de manière contrastive et qui permettent de construire sur le plan du contenu des valeurs différentielles. Mais il ne s'agit pas de simple isomorphisme entre les

plans. L'intravision diagrammatique est au contraire dynamique parce qu'elle permet de reconstruire des patterns en évolution, voir saisir des syntaxes, à la fois sur le plan de l'énoncé (processus des événements observés) et sur le plan de l'énonciation (processus d'investigation).

5. Superposition intégrée et superposition diagrammatique

Les images-mesures partagent la même syntaxe figurative en astronomie et en archéologie²⁸, mais les images composites finales sont tout à fait différentes et c'est sur cela que je voudrais porter mon attention pour avancer des conclusions.

Les images en astrophysique visent à sommer, superposer, intégrer — phagocyter presque — les traces, bref à réduire l'hétérogénéité des captations dans une seule image comme dans l'exemple de l'amas de galaxie ci-après (photo 7) qui montre très clairement comment l'image finale intègre les images provenant des différentes détections afin de stabiliser l'identité d'un objet.

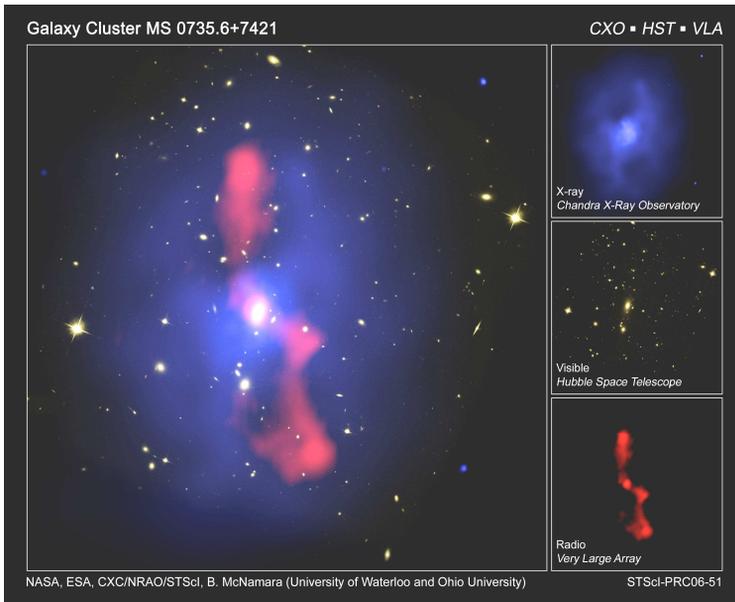


Photo 7. Galaxy Cluster MS0735.6 + 7421 © NASA, ESA, CXC/NRAO/STScI., B. Mc Namara (University of Waterloo and Ohio University)

²⁸ Le rapport entre recherche et vulgarisation est très différente en astronomie et en archéologie. En effet, en archéologie, la vulgarisation n'est pas une véritable « traduction » des genres discursifs consacrés à la recherche, elle a une totale autonomie et ses sujets sont centrés sur la mythisation des grandes civilités et des célèbres personnages du passé. Comme en astrophysique pourtant elle privilégie la mise en scène d'objets plutôt que des processus de constitution.

Ainsi conçue, l'image d'un astre vise à un double but : construire une bonne référence pour l'astre en question (autographie), mais les visualisations dont elle est constituée fournissent une base de comparaison pour d'autres astres par le fait de composer et recomposer les relations entre processus temporels et captations lumineuses. Ces relations fournissent en effet des *modules* commensurables et superposables (allographie). En astrophysique, enfin, la « bonne » référence finale peut être confirmée moins par l'invariance iconographique que par les manipulations qu'elle permet à travers les visualisations partielles impliquant des filtrages, des ajustements paramétrés, etc., lesquels peuvent s'avérer utiles pour la formulation de nouvelles hypothèses et découvertes. En astrophysique, comme dans beaucoup d'autres disciplines, plus une référence va *loin*, plus elle devient *efficace*²⁹, car elle se révèle davantage *utilisable*. Cela se produit lorsque ses modules sont *articulables* : la fiabilité de la référence est coextensive du réseau de diffusion, de sa plasticité, c'est-à-dire — encore une fois — de la modularité permise par l'intégrabilité des différents systèmes de détection. La vérification/falsification d'une image finale est l'issue d'une confrontation entre les données captées dans une longueur d'onde et les données captées dans une autre longueur d'onde.

Dans l'image finale de l'amas de galaxie tout se passe comme si les visualisations qui la composent possédaient une consistance « transparente » par rapport aux autres visualisations (règles de notationnalité), le but final étant une superposition qui homogénéise les traces des captations différentes. Tout se passe comme si les visualisations partielles visaient à compacter dans l'image finale ce qui dans l'univers est dispersé — puisqu'il s'agit de construire des simulacres de cohésion de ce qui en réalité est diffus dans le temps et dans l'espace. L'image finale est toujours celle qui a assimilé toutes les mesures : c'est dire que le point d'arrivée de l'iconographie astronomique est l'*homogénéisation des traces*. Cette image a en fait comme but de *compacter* les processus différents de l'univers en une cartographie qui totalise et intègre les processus temporels en les transformant en des phases : la naissance, la croissance et l'extinction d'un astre. Dans ces images finales il s'agit de dater par le biais d'une étude des *processus* (de transformation chimique, de température, de rotation, etc.) pour ensuite profiler des *phases* du développement de l'astre (naissance, explosion, extinction, etc.). Les images en astrophysique visent enfin à *transformer les processus en phases*. Or, tout cela est loin d'être vrai pour les images de l'archéologie, où une mesure et une méthode de détection n'est jamais intégrée ni totalement intégrable à l'autre. En archéologie, les images-cartographies ne visent point à l'intégration des traces, ni à devenir des images-modèle pour une série d'autres investigations (allographie) : tout au contraire, elles mettent en scène l'hétérogénéité des méthodes de recherche (intravision diagrammatique), leur impossibilité à se recomposer en unité. Cette impossibilité d'homogénéisation permet non seulement une double ou une multiple vision du même

²⁹ A ce sujet cf. Latour (1985).

événement (ce qui arrive aussi dans le cas de l'astrophysique), mais aussi et surtout une méta-vision, une vision nouvelle sur les possibles commensurabilités et incommensurabilités de points de vue. C'est la non commensurabilité totale qui permet l'investigation dans le cas de l'archéologie, une investigation qui se fonde sur la dissimulation des traces. Chaque image composite en archéologie doit montrer la diversité des méthodes de mise en relation des surfaces avec le sous-sol, ou des différentes parties du sous-sol ; chaque méthode d'investigation stratifiée dans l'image composite met en scène un *processus d'exfoliation de quelque chose de compact*. Tout se passe comme si chaque système de captation pouvait représenter le « prélèvement successif » des couches stratifiées dont le sous-sol est constitué : les stratégies de captation ainsi que les stratégies de mise en scène de ces captations visent à dissimiler les stratifications. L'ensemble visuel composé des résultats obtenus à travers les paramètres différents met en scène l'effort pour porter au jour, à la surface, ce qui est enfoui en profondeur, voire d'extraire l'hétérogène là où il y a une homogénéité apparente.

En somme, la fonction des images en archéologie est tout à fait différente de celle qu'elles assument en astrophysique : à partir de l'homogène et du compact, il faut parvenir à une exfoliation du sous-sol, en montrant toute la diversité. Chaque couche doit en montrer une autre, ou plusieurs autres, dont elle peut extraire : c'est par la dissimulation que l'on peut parvenir à voir et opérer. C'est ce même processus d'extraction que l'image est censée mettre en évidence via l'intravision diagrammatique.

Pour conclure

Les images de l'astrophysique et de l'archéologie présentent deux types différents de virtualité de l'objet de la perception : l'objet de l'astronomie est absent à nos sens, caché, parce qu'il est trop diffus et lointain, distal, alors que l'objet archéologique est caché parce que sa stratification est trop compacte. Il s'ensuit qu'en astrophysique les images actualisent l'objet par des *assimilations qui compactent l'évanescence*, à travers des plaques/modules commensurables du spectre alors qu'en archéologie les images fonctionnent par dissimulation de ce qu'elles actualisent, c'est-à-dire par *dissimulation au sein d'une matière stratifiée et compacte*. En astrophysique, on opère par *superposition* et ajustement de modules et de stocks de lumières ; en archéologie, par *différenciation* d'enveloppes et de pellicules des couches. Les hypothèses sur les temporalités doivent par conséquent être formulées à travers l'identification de la succession des hétérogénéités de ces enveloppes et pellicules.

Bibliographie

- A.a. V.v. « La prospection géophysique », *Dossiers d'Archéologie*, n° 308, 2005a.
- A.a. V.v. *La datation en laboratoire*, Collection « Archéologiques », Paris, Éditions Errance, 2005b.
- A.a.V.v. *La prospection*, Editions Errance, coll. « Archéologiques », 2006.
- Catherine Allamel-Raffin, *La production et les fonctions des images en physique des matériaux et en astrophysique*, thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg 1, 2004.
- « Que nous dit la sémiotique visuelle quant à l'impossibilité d'atteindre un point de vue de nulle part dans les sciences empiriques ? », *Visible 6*, Dondero et Moutat (dirs.), 2010.
- Jan Baetens, « Photographie et sites archéologiques : vers un art "in situ" ? », *Visible 6*, Dondero et Moutat (dirs.), 2010.
- Pierluigi Basso Fossali, « Testo, pratica e teoria della società », *Semiotiche* n° 4, Turin, Ananke, pp. 209-239, 2006.
- Françoise Bastide, *Una notte con Saturno*, Rome, Meltemi, 2001.
- Jean-François Bordron, « Catégories, icônes et types phénoménologiques », *VISIO*, Vol. 5 n° 1, 2000.
- « L'iconicité », *Ateliers de sémiotique visuelle*, Hénault et Beyaert (dirs), Paris, P.U.F., 2004.
- « Expérience d'objet, expérience d'image », ici-même, 2009.
- Pierre Bourdieu, *Science de la science et réflexivité. Cours du Collège de France 2000-2001*, Paris, éd. Raisons d'agir, 2001.
- Antoine Chéné, Philippe Foliot et Gérard Réveillac, *La pratique de la photographie en archéologie*, Aix-en-Provence, Edisud, 1999.
- Michel Dabas, Laurent Guyard et Thierry Lepert « Gisacum revisité. Croisement géophysique et archéologie », *Dossiers d'Archéologie*, n° 308, 2005, p. 52.
- Lorraine Daston, Peter Galison *Objectivity*, Cambridge, Mass, Zone Books, 2007.
- Lorraine Daston, Peter Galison « The Image of Objectivity », *Representations* n°40, 1992, pp. 81-128.
- Jean-Paul Demoule, « Théories et interprétation en archéologie », in J.-P. Demoule, F. Giligny, A. Lehoërff, A. Schnapp *Guide des méthodes de l'archéologie*, n. éd. Paris, La Découverte, 2005.
- Georges Didi-Huberman et Laurent Mannoni, *Mouvements de l'air. Etienne-Jules Marey, photographe de fluides*, Gallimard, 2004.
- Maria Giulia Dondero, « Les images anachroniques de l'histoire de l'univers », *E/C*, Rivista dell'Associazione Italiana di Studi Semiotici (A.I.S.S.) en ligne ;
<http://www.ec-aiss.it/archivio/tematico/visualita/visualita.php>, 10/09/07,2007 20 p.
- « L'image scientifique : de la visualisation à la mathématisation et retour », *Nouveaux Actes Sémiotiques*, [en ligne]. Recherches sémiotiques. Disponible

sur : <<http://revues.unilim.fr/nas/document.php?id=2907>> (consulté le 14/03/2009), 2009a.

- « L'iconographie des fluides entre science et art », *Le sens de la métamorphose* (Beyaert-Geslin et Colas-Blaise dirs), Pulim, Limoges, 2009b.

- « Le rapport entre texte et image dans la littérature de l'astrophysique. Le cas des trous noirs », *L'image dans le texte scientifique. Journées de l'ERLA n° 9*, D. Banks (dir.) Paris, L'Harmattan, 2009c.

Jacques Fontanille, *Soma et séma. Figures du corps*, Maisonneuve et Larose, 2004.

- « Les systèmes d'imagerie scientifique. Questions sémiotiques » *E/C*, revue de l'Association Italienne d'Etudes Sémiotiques (AISS) en ligne, <http://www.ec-aiss.it>, publié le 02/05/07, 2007, 24 p.

- *Pratiques sémiotiques*, Paris, P.U.F, 2008.

Peter Galison, « Images scatter into data. Data gather into images », in Latour et Weibel (2002) (dirs) *Iconoclash. Beyond the Image Wars in Science, Religion and Art*, MIT Press and ZKM, Karlsruhe, 2002, pp. 300-323.

- *Image and Logic. A Material Culture of Microphysics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1997.

François Giligny, « De la fouille à l'interprétation : le traitement des données », in J.-P. Demoule, F. Giligny, A. Lehoërff, A. Schnapp *Guide des méthodes de l'archéologie*, n. éd. Paris, La Découverte, 2005.

Bruno Latour, « Les "vues" de l'esprit. Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques », *Culture Technique*, numéro spécial, n°14, 1985, pp. 5-29. [Réimpression in Bougnoux (dir.) *Sciences de l'information et de la communication*, Paris, Larousse, 1993, p. 572-596.]. [Réimpression in *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, Presses de l'Ecole des Mines de Paris, 2006 (avec Akrich et Callon), pp. 33-70]. Disponible sur : <http://www.bruno-latour.fr/articles/article/18-VUES-ESPRIT.pdf>.

- *Pandora's Hope. Essays on the Reality of Science Studies*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1999, traduction française *L'espoir de Pandore. Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, Paris, La Découverte, 2001.

Dominique Lopes, « Le dessin dans les sciences sociales : l'illustration lithique », *Interdisciplines*, Rencontres Art et Cognition ; disponible sur : <http://www.interdisciplines.org/artcognition/papers/7/11/language/fr>, 2005.

Nelson Goodman, *Languages of Art*, London, Bobbs Merrill, 1968 ; tr. fr. *Langages de l'art. Une approche de la théorie des symboles*, Paris, Hachette, 1990.

Charles Goodwin, « Professional Vision », *American Anthropologist* vol. 96, n°3, 1994, pp. 606-633. Disponible sur :

http://www.sscnet.ucla.edu/clic/cgoodwin/94prof_vis.pdf

- « Seeing in Depth », *Social Studies of Science*, vol. 25, n°2, 1995, pp. 237-284. Disponible sur :

http://www.sscnet.ucla.edu/clic/cgoodwin/95see_depth.pdf

- « Transparent Vision », *Interaction and Grammar*, E. Ochs, E. A. Schegloff and S. Thompson (dirs), Cambridge, Cambridge University Press, 1996, pp. 370-404. Disponible sur :

http://www.sscnet.ucla.edu/clic/cgoodwin/96trans_vis.pdf

- « The Blackness of Black : Colour Categories as Situated Practice », *Discourse, Tools and Reasoning : Essays on Situated Cognition*, Resnick, L. B, Säljö, R. Pontecorvo, C. & Burge, B. (dirs), 1997, pp. 111-140, Berlin, Heidelberg, New York, Springer. Disponible sur :

<http://www.sscnet.ucla.edu/clic/cgoodwin/97black.pdf>

- « Practices of Seeing : Visual Analysis. An Ethnomethodological Approach », *Handbook of Visual Analysis*, T. van Leeuwen et C. Jewitt (dirs), London, Sage Publications, 2000, pp. 157-182. Disponible sur :

http://www.sscnet.ucla.edu/clic/cgoodwin/00pract_see.pdf

Eric Marmet en coll. avec Laurent Aubry, Christian David et Cécilia Bobée, « Les occupations anciennes des sols », *Dossiers d'Archéologie*, n° 308, 2005, p. 38.

Michel Martinaud, « Prospection géophysique et sites préhistoriques », A.a. V.v. *Dossiers d'Archéologie*, n° 308, 2005, p. 30

Lorenza Mondada, *Chercheurs en interaction. Comment émergent les savoirs*, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2005.

Yael Nazé, « Images de l'Univers, l'Univers en images », *Visible* 6, Dondero et Moutat (dirs), 2010.

François Rastier, *Arts et sciences du texte*, Paris, P.U.F., 2001.

La Fonction de Transfert Optique (FTO)

Francis EDELINE

Groupe μ - Université de Liège

AVERTISSEMENT – Le texte qui suit n'est pas un exposé détaillé de la FTO. Il émane d'un scientifique qui fait un usage constant des images dans le cadre de sa discipline (la Chimie) et qui souhaite rassurer les sémioticiens sur le sérieux de leur emploi, qui n'est ni naïf, ni aveugle, ni inconscient des pièges que tendent les distorsions et déformations inévitables du signal. La FTO est un des outils (sans doute le meilleur à ce jour) dont on dispose pour juger de la qualité et de la validité d'une image. L'exposé qui suit se borne donc à présenter succinctement à des non-spécialistes une théorie débarrassée de la partie la plus lourde de son appareil mathématique. Les personnes intéressées sont invitées à se référer à l'ouvrage suivant : Tom L. Williams, *The Optical Transfer Function of Imaging Systems*, sur lequel je me suis largement appuyé. La plupart des illustrations proviennent de ce traité.

1. Introduction

De nombreux appareils produisent ou transforment des images. Beaucoup sont des dispositifs optiques, mais certains produisent une image visible à partir de rayonnements invisibles (par exemple la caméra thermique ou les écrans X). L'œil lui-même, dernier maillon d'une chaîne parfois longue, doit aussi être considéré comme un de ces appareils. Tous introduisent des aberrations, des déformations, des distorsions, du bruit (fig.1).

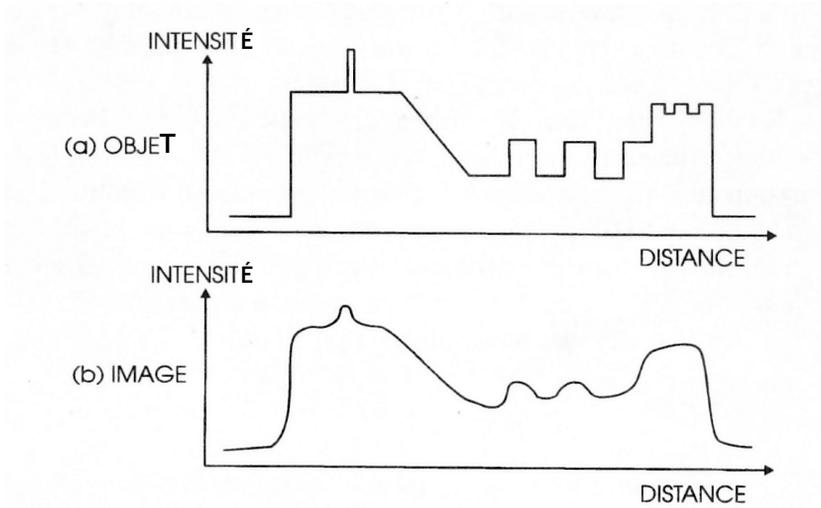


Fig. 1 – Exemple de dégradation

Dans un but de comparaison évaluative, il est donc important de disposer d'outils précis pour déterminer la qualité d'une image produite par l'un de ces dispositifs ou, mieux encore, par une cascade de ces appareils. La Fonction de Transfert Optique (FTO) est un de ces outils. En termes techniques la « qualité » d'une image consiste en la reproduction fidèle de la distribution des intensités relatives de la scène originale. Quels en sont les facteurs et comment peut-on les mesurer ? Peut-on déterminer la FTO nécessaire pour l'accomplissement d'une tâche donnée ? L'œil est-il supérieur à la machine ?

2. Les paramètres de mesure

Lorsqu'on parle de la qualité d'une image, on vise généralement la finesse des détails résolus ou la netteté des bords, encore que ce dernier aspect soit davantage prisé pour l'image d'un bâtiment que pour un portrait. Il s'agit d'un complexe de facteurs très subjectif et relatif à une tâche déterminée, telle que « produire une photo *agréable* », ou permettre de suivre un objet déterminé à une distance déterminée, etc. On s'attachera donc à déterminer des paramètres plus précis, quitte à les regrouper ensuite en fonction de l'objectif poursuivi.

2.1 Le contraste

Toute perception étant contrastuelle, il s'agira de restituer au mieux les contrastes de la scène originale. On a d'abord mesuré le seuil de contraste permettant à l'œil de détecter un disque brillant sur fond sombre, mais on a

rapidement conclu qu'il fallait améliorer cette technique et utiliser plutôt un réseau périodique constitué d'un graticule, plaque portant des bandes parallèles, de même largeur et alternativement noires et blanches. Illuminée, une telle plaque renvoie à l'œil une onde carrée (non une sinusoïde) présentant deux niveaux de luminance L_1 et L_2 (fig.2).

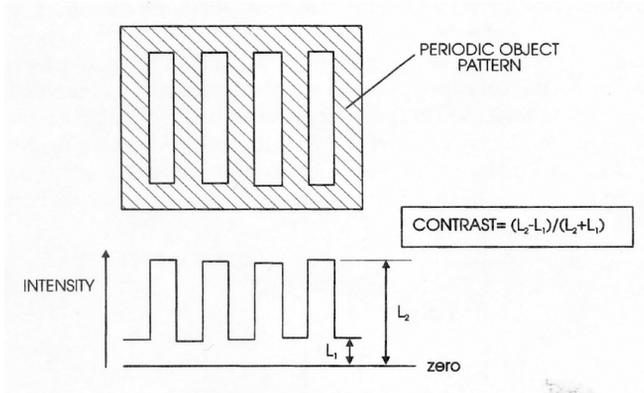


Fig. 2 – Définition du contraste pour un réseau périodique

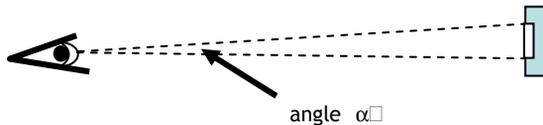
Le *contraste* C est alors défini par

$$C = \frac{L_2 - L_1}{L_2 + L_1}$$

et la *fréquence spatiale*, soit le nombre de paires de bandes par unité d'angle de vision, en cycles par degré (c/deg).

N.B. Ne pas confondre l'*illuminant* ou lumière reçue par une image, avec la *Luminance* ou lumière réémise par cette image.

On constate que la performance de l'œil diminue avec la luminance, mais selon des courbes à maximum. Par exemple un maximum de 3 c/deg à forte luminance tombe à 1 c/deg à faible luminance, une sensibilité dix fois inférieure (fig.3).



performance de l'œil humain :

- à forte luminance, max pour 3 c/°, pupille = 2 mm
- à faible luminance, max pour 1 c/°, pupille = 7 mm

Fig. 3 – Fréquence spatiale
(seuil de contraste en cycles par degré)

Selon Tyler on ne peut plus distinguer les irrégularités d'une surface si leur fréquence spatiale dépasse 4 c/deg.

Plusieurs conséquences découlent de ces observations.

Le diamètre de la pupille (iris) peut atteindre 7 mm sous des luminances très faibles. Par analogie, les dispositifs optiques peuvent être, eux aussi, caractérisés par un diamètre de pupille. On calcule alors que télescopes, lunettes, périscopes, jumelles... destinés à grandir 10X devraient avoir un diamètre d'objectif, plutôt encombrant, de 70 mm. Le compromis habituel, qui limite ce diamètre à 40 mm, entraîne donc une perte de performance sous lumière faible.

Inversement, lorsque l'image aboutit à un appareil électronique, p. ex. un tube à rayons cathodiques (TRC), la luminance maximum réalisable est limitée. Elle l'est encore davantage si l'image est projetée sur un grand écran, qui présente lui aussi ses caractéristiques. Le cas le plus critique est celui des cristaux liquides et des diodes électroluminescentes, avec lesquelles il est difficile d'obtenir des niveaux suffisants de luminance.

2.2 La distorsion

Un réseau de lignes parallèles et équidistantes est rarement reproduit fidèlement. On a donné aux divers types de distorsion des noms imagés (fig. 4).

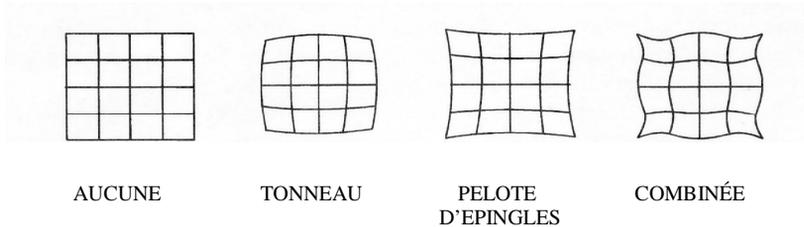


Fig. 4 – Types de distorsion

Souvent la distorsion est très asymétrique. La tolérance vis-à-vis de la distorsion varie avec l'application envisagée : les TV et les caméras sont des dispositifs moins exigeants.

2.3 La limite de résolution

Il y a toujours dégradation des images, en particulier par atténuation des contrastes et par étalement des zones de forte intensité, ce qui a pour effet de rendre flous les bords. Quelle que soit la perfection des appareils il y a une limite physique à leur pouvoir de résolution : c'est la *diffraction*, étudiée par Lord Rayleigh (v. Biémont, 1996). Un exemple banal est montré fig. 5.

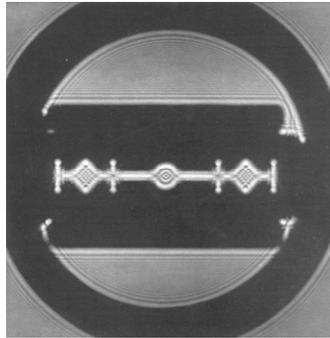


Fig. 5 – Diffraction :
Faire passer un rayon de lumière polarisée
dans la fente d'une lame de rasoir.

Une source ponctuelle n'est pas vue comme un point mais selon une figure en forme de disque comportant un anneau noir autour du point lumineux central (le disque d'Airy, v. fig.6).

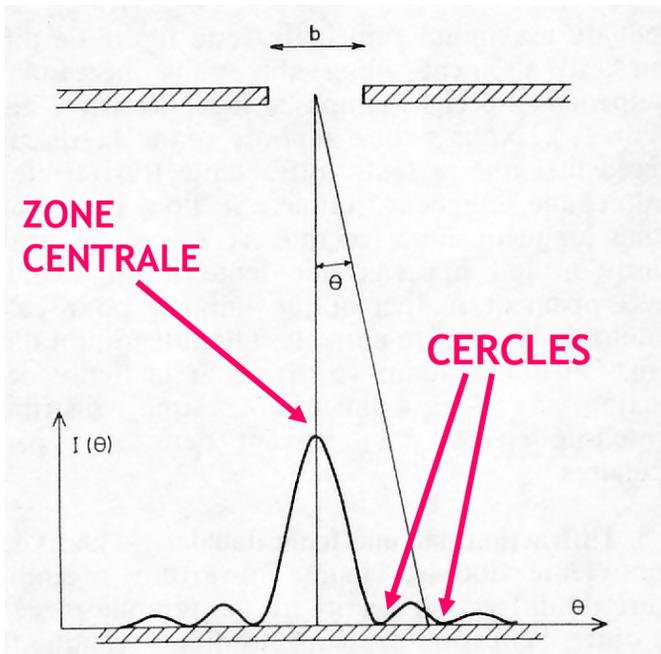


Fig. 6 – Figure de diffraction à partir d'une source ponctuelle

Lorsqu'on cherche à distinguer deux sources ponctuelles proches, on bute sur la *limite de résolution*, qui est la distance angulaire pour laquelle le pic de la source A correspond à l'anneau noir de la source B (fig.7) et réciproquement.

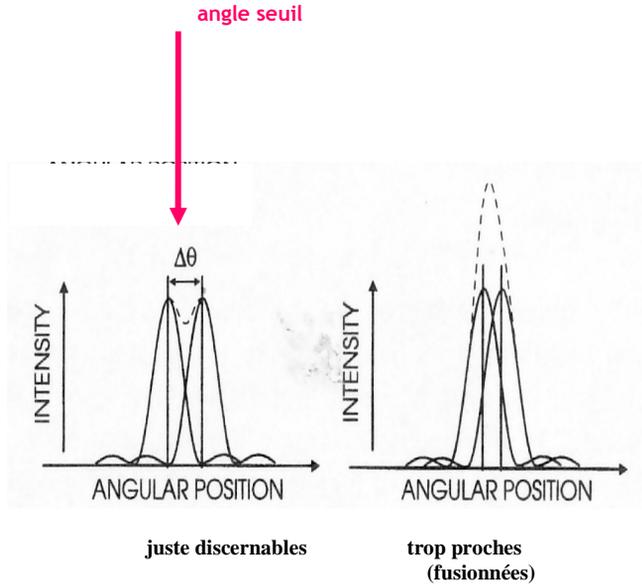


Fig. 7 – Limite de résolution selon Rayleigh
(cas de deux fentes)

Dans ce cas il y a entre les deux pics un petit creux permettant tout juste de les séparer.

Un moyen simple d'évaluer le pouvoir de résolution d'un appareil est de regarder à travers lui un jeu de mire calibrées, comme si elles étaient un objet. La méthode est simple mais non exempte de défauts. Ce n'est en tout cas pas une bonne idée d'utiliser des figures à fort contraste, car les appareils sont le plus souvent chargés d'enregistrer des spectacles à faible contraste.

2.4 L'acutance

Ce critère a été développé pour la photographie. On photographie un bord vif puis on mesure, à l'aide d'un scanner microphotométrique, le profil de densité de son image (fig.8).

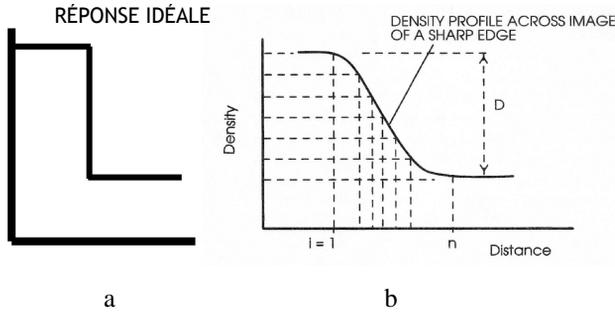


Fig. 8 - L'acutance photographique

Au lieu d'une chute carrée (a) on enregistre une courbe (b) à partir de laquelle on peut calculer un indice appelé *acutance*, basé sur le gradient de densité mesuré le long de la courbe.

Conclusion : il existe plusieurs critères et méthodes d'évaluation possibles, et la FTO (qui sera détaillée au §4) en est une autre, beaucoup plus fondamentale. Une attitude logique est de se baser d'une part sur la FTO et d'autre part sur une analyse du *bruit* telle qu'indiquée ci-après.

3. Le bruit

Les mesures montrent que pour une cible de dimension angulaire donnée la sensibilité au contraste est proportionnelle à \sqrt{L} (où L est la luminance), ce qui est conforme à la loi de Weber-Fechner. On interprète ce fait en admettant que l'aptitude de l'œil à détecter une configuration est une fonction du rapport signal / bruit *dans l'image qui se forme sur la rétine* (fig.9).

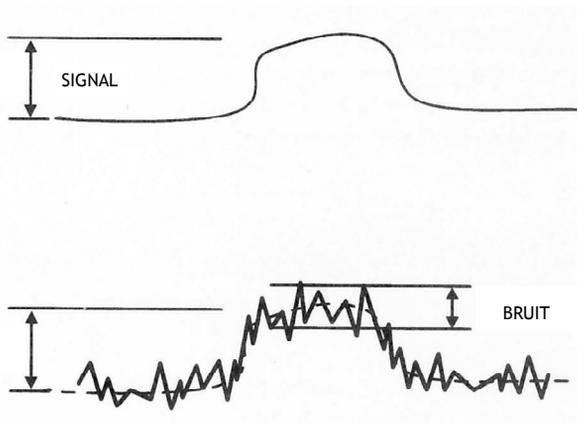


Fig. 9 - EFFET DU BRUIT SUR UN SIGNAL

On définit le *signal* comme la différence entre le nombre de photons N_c issus de la cible et le nombre de photons N_f issus d'une surface équivalente du fond : $dN = N_c - N_f$.

D'autre part on définit le *bruit* comme la fluctuation statistique de N_f , dont on peut montrer qu'elle est égale à $\sqrt{N_f}$.

Le rapport signal / bruit, représentant le *seuil* de contraste, sera donc $dN / \sqrt{N_f}$. La *sensibilité au contraste* sera alors définie comme l'inverse du seuil, de sorte qu'elle sera proportionnelle à $\sqrt{N_f}$, lequel est à son tour proportionnel à L_f (luminance du fond) : CQFD.

La source ultime du bruit qui affecte l'image formée sur la rétine est ainsi la fluctuation dans le flux de photons qui y parvient. Mais ce n'est pas la seule cause de bruit. On en distingue deux types :

- le bruit fixe dans le temps : p.ex. le grain d'une photo, la grille d'un écran TV, la configuration d'un faisceau de fibres optiques...
- le bruit variable dans le temps : outre la fluctuation du flux de photons sur la rétine, celle de la réponse de la rétine à ce flux et celles des systèmes électroniques.

Cette distinction est capitale car l'œil les traite différemment. L'œil est en effet à la fois un filtre spatial et un filtre temporel. En tant que filtre spatial il tend à adoucir et à réduire les variations spatiales d'intensité lumineuse : cette aptitude réduit les deux types de bruit. En tant que filtre temporel il tend à moyennner, ou à intégrer, les changements, ce qui réduit le bruit temporel sans affecter l'autre.

4. La FTO

4.1 Le principe

Les images présentant une infinie diversité de formes aussi bien que de gradations d'intensité et de couleur, il convient de trouver un indice les reflétant toutes avec une égale fidélité : on le cherchera donc dans la caractéristique fondamentale de la perception, celle d'être contrastuelle. Pour pouvoir être traité commodément par des méthodes mathématiques, le test devrait idéalement fournir un signal sinusoïdal. L'image type, dite *cible*, présentée à chaque appareil pour en évaluer les performances sera constituée d'un graticule comportant des fentes parallèles et équidistantes. Ce dispositif se rapproche du signal sinusoïdal, mais ne livre évidemment qu'une onde carrée. Heureusement, une analyse dite de Fourier permet de la ramener à une somme de sinusoides. La déformation d'une sinusoides peut porter sur son amplitude (amplification ou atténuation) ou sur sa phase (déphasage : léger décalage dans le temps). Il existe ainsi une fonction de transfert qui caractérise la comparaison entre les valeurs dans les images de départ et d'arrivée. La reproduction du contraste s'appelle FTM (fonction de transfert de modulation). La fonction de transfert de phase (FTP) produit des déformations beaucoup moins significatives et est généralement négligée. Elle existe néanmoins et peut être mesurée, mais ne sera pas abordée dans le

présent exposé. Ensemble, la FTM et la FTP forment la FTO, fonction de transfert optique.

4.2 La réponse en fréquence

Les performances d'un appareil vont varier en fonction de la fréquence du signal d'entrée. L'analogie avec la Haute Fidélité en reproduction musicale est ici instructive. Un appareil est dit HiFi s'il présente un plateau bien horizontal entre les fréquences limites des sons audibles (fig. 10).

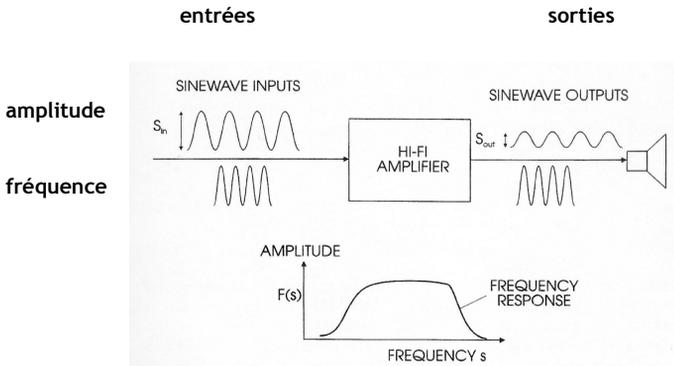


Fig. 10 – La réponse en fréquence
(cas d'un signal sonore)

Il en va de même pour des lentilles, sinon que cette fois la sinusoïde est produite par un réseau, dont la fréquence spatiale se mesure en cycles par unité d'angle. C'est donc l'intensité lumineuse qui variera sinusoïdalement, et on pourra en comparer les valeurs d'entrée et de sortie en appelant contraste C le rapport suivant :

$$C = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$$

Le contraste C_0 de l'objet est relié au contraste C_1 de son image par la fonction de transfert FTM. Il y a une FTM pour chaque valeur de la fréquence spatiale dans le signal d'entrée.

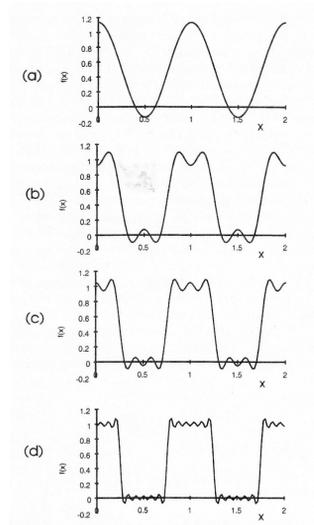
La transformation de Fourier permet de représenter un signal de forme absolument quelconque (même une onde carrée !) en la somme d'une série de sinusoïdes, constituée d'une fondamentale et d'un nombre infini de ses harmoniques. En pratique des simplifications intéressantes sont possibles. Tous les harmoniques pairs sont nuls, et les harmoniques impairs deviennent vite négligeables, comme le montre intuitivement la fig.11. En outre la transformation de Fourier est réversible.

Fig. 11 – Transformation de Fourier

Addition de sinusôides
pour former une onde carrée
en superposant les
harmoniques impairs :

- (a) fondamentale
- (b) id + 3^o harmonique
- (c) id + 3^o et 5^o harmonique
- (d) id + harmoniques impairs
de 3 à 13

(NB : les harmoniques pairs sont nuls)



4.3 Les avantages du système

Toute courbe, spatiale ou temporelle, peut être soumise à cette technique, c.à.d. pratiquement tout signal d'entrée. Connaissant la FTM d'un appareil il possible de *calculer* exactement à quoi ressemblera le signal de sortie. La FTP, relative à la phase, introduit une légère asymétrie dans les courbes, généralement négligeable (fig.12 et 13).

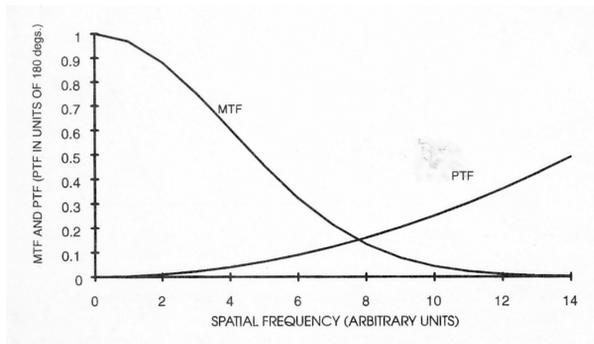
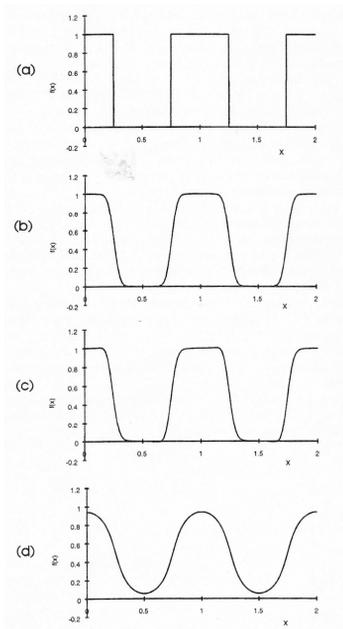


Fig. 12 – Allure typique de la FTO

NB: seul le transfert de modulation FTM est significatif,
le transfert de phase FTP a peu d'effet et peut être négligé

Fig. 13 -
Dégradation d'une image lors du transfert

- (a) onde carrée à reproduire
- (b) id. après application de la fonction de transfert de modulation seulement
- (c) id. après application des fonctions de transfert de modulation et de phase
- (d) id. après application d'une fonction de transfert deux fois moins bonne qu'en (c)



Si plusieurs appareils sont disposés en série (en cascade), leurs FTM se multiplient (sauf pour les groupes de lentilles... car il arrive qu'une lentille *corrige* l'erreur d'une autre lentille) alors que leurs FTP s'additionnent. La FTM de la plupart des appareils peut être calculée *a priori* à partir des données fondamentales du projet : on peut donc calculer à l'avance un appareil complexe pour atteindre un résultat donné.

Des difficultés théoriques se présentent pour les systèmes à laser et pour les réseaux de fibres optiques, mais des parades ont été trouvées.

La FTO est une caractéristique tout à fait objective, et l'équipement pour sa mesure existe.

5. Le bruit

Tout appareil est affecté d'un bruit, supposé *blanc* (c.à.d. aléatoire). Son seuil de détection doit donc être supérieur au bruit, sous peine d'enregistrer beaucoup de fausses détections. C'est une limite de principe, qu'on ne peut supprimer mais qu'on peut améliorer par diverses astuces.

Par exemple si la cible est une fente, son image couvrira plusieurs lignes d'une vidéocaméra. On peut alors sommer les indications de ces lignes (p.ex. M lignes). De ce fait le signal sera multiplié par M mais le bruit seulement par \sqrt{M} , car c'est un bruit aléatoire, dit *Root Mean Square*.

On peut aussi faire passer le signal de sortie de la vidéocaméra, qui est très affecté par le bruit, à travers un filtre passe-bande dont la fréquence de coupure sera soigneusement calculée pour être très inférieure à celle du

spectre de puissance du bruit. Ceci est rendu explicite sur la fig.14 dans le cas d'une *fente*. Le signal sortant sera légèrement affaibli mais bien « nettoyé » de son bruit.

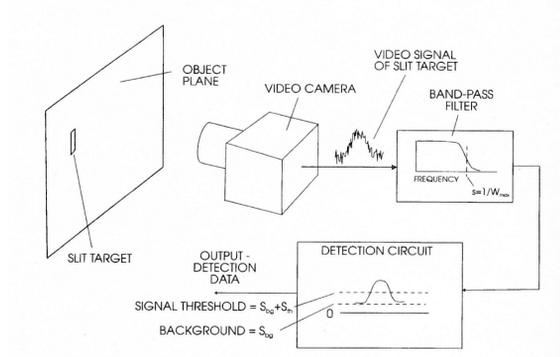


Fig. 14 - Suppression (partielle...) du bruit par un filtre passe-bande

Dans le cas d'un *bord vertical abrupt* le signal ne sera plus une courbe à maximum mais une sigmoïde (fig.15). On voit que le bruit se traduit par une incertitude sur la position du bord.

Qu'on réduise ou non ces incertitudes, il faut les connaître. Ce sont des *marges d'erreur* inévitables, et qui deviennent proportionnellement plus importantes lorsque le signal est faible : c'est l'effet incompressible de la *diffraction* (v. plus haut).

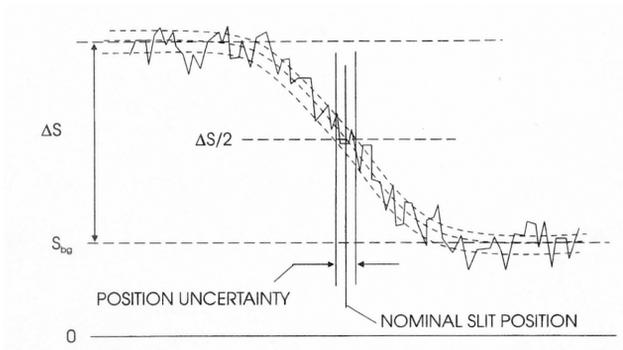


Fig. 15 – Effet du bruit sur l'incertitude de la position d'une fente

6. L'œil

6.1 Ses caractéristiques neurophysiologiques

On peut demander à l'œil(donc ultimement au cerveau) de juger une image. Mais il faut bien distinguer deux types de tâches : apprécier des seuils de discrimination à partir de cibles, comme par un appareil, ou porter un jugement « esthétique ». Les modèles actuels pour ces tâches restent incomplets et empiriques.

Le diamètre de la pupille varie environ de 3 à 8 mm selon la luminance du champ. Elle commence à se contracter lorsque la luminance dépasse ± 1 candela/m² et la contraction devient maximale pour 1000 candelas/m².

L'angle de vision est très grand et dépasse 70° du côté nasal et 100° du côté temporal. Il est cependant de 1,4° seulement dans la zone fovéale, où la vision est la plus précise. C'est donc dans cette région que sont pratiqués les tests.

Les cellules réceptrices (qui ont, ne l'oublions pas, un *rendement quantique*) sont très concentrées autour de l'axe de vision. Les cônes, responsables de la vision colorée (dite *photopique*), présentent un maximum très pointu de $\pm 140.000/\text{mm}^2$ dans l'axe de vision. Les bâtonnets, responsables de la vision crépusculaire (dite *scotopique*) présentent eux un maximum de $\pm 150.000/\text{mm}^2$ sur un cercle de 20° autour de l'axe de vision. La vision crépusculaire est monochromatique (plus ou moins bleue) et prend le relais lorsque la luminance tombe au-dessous de 0,002 candela/m². Les cônes par contre sont de 3 types, répondant respectivement (et approximativement) au bleu, au vert et au rouge.

6.2 Ses imperfections

L'œil est un instrument très imparfait si on le compare aux appareils. Il ne présente aucune correction de l'aberration chromatique, qui est à peu près identique chez tous les sujets. Il corrige imparfaitement l'aberration de sphéricité, et de façon variable d'individu à individu. Pour rappel l'aberration de chromaticité résulte de la réfraction différente des rayons selon leur fréquence : il est donc impossible de réaliser sur la rétine une mise au point parfaite pour toutes les couleurs. La focalisation moyenne se fait dans le vert. Un écart d'une dioptrie dans le bleu tombe à zéro pour 600 nm (zone du vert) puis à -0,5 dioptrie pour le rouge. C'est ce phénomène qui fait que certaines couleurs semblent « avancer » et d'autres « reculer ».

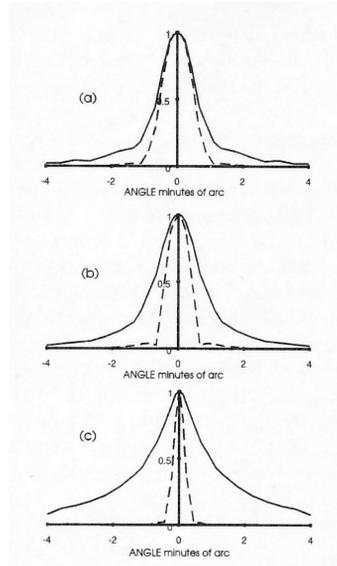
6.3 Comparaison avec la machine

On a comparé le profil produit par l'œil devant une ligne, à celui produit devant la même ligne par une machine optique (limitée bien entendu par la diffraction). Ce profil est appelé *fonction d'étalement* (fig.16).

« étalement d'une ligne »

Fig. 16 – Comparaison des performances de l'œil (trait plein) d'un appareil (trait tireté)

NB: l'angle est celui de la pupille, respectivement ouverte à 2, 3 et 5,8 mm



L'œil se révèle toujours inférieur à la machine, et son défaut s'accroît lorsque le diamètre de la pupille augmente, de 2 à 3 mm puis à 5,8 mm. Les courbes sont « normalisées » en faisant leur pic =1, de façon à permettre la comparaison. La résolution d'une fréquence spatiale de 10 c/° tombe ainsi de 0,55 à 0,25 lorsque la pupille s'ouvre de 2 à 5,8 mm.

Il est difficile d'apprécier l'erreur provoquée par le côté granulaire des arrangements de photorécepteurs, ainsi que celle des processus neuronaux ultérieurs. On dispose toutefois de mesures sur rétine excisée.

Lorsqu'on effectue ces mesures et calculs on trouve que le système nerveux présente une sensibilité maximale, non à 0 cycles/mm, mais vers 30 c/mm (soit pour une largeur de cycle d'environ 0,04 mm) ! La sensibilité décroît au-dessous. Ceci implique que la réponse est maximale (i.e. =1) à l'endroit du stimulus, mais tombe à zéro pour un écart de $\pm 0,005$ mm de part et d'autre, puis devient *negative* ($\pm -0,1$ pour un écart de 0,01 mm), pour redevenir lentement nulle vers 0,05 mm.

Ces observations sont en accord avec l'hypothèse d'un câblage neuronal de plusieurs récepteurs en *champs réceptifs*, présentant un centre positif et un pourtour inhibiteur. La dimension de ces champs varie bien entendu. Leur zone centrale est très petite : de quelques minutes d'arc seulement dans la fovéa. Vers la périphérie elle augmente et peut atteindre 1°. L'intérêt de ces dispositifs passablement complexes est surtout économique : il permet de réduire le flux d'information émanant de 125.10^6 de photorécepteurs à 1.10^6 de neurones dans le nerf optique.

6.4 Les mesures subjectives

Ces mesures revêtent nécessairement un aspect « esthétique » et sont malaisément quantifiables. On présente des images à de nombreux sujets en leur demandant d'apprécier la « différence juste perceptible ». On suppose que leurs jugements forment une distribution normale (au sens du calcul des probabilités). Cette sorte de mesure est affecté par de nombreux facteurs, à commencer par le type d'image : les observateurs se montrent par exemple beaucoup moins exigeants pour les portraits que pour les paysages.

6.5 La reconnaissance d'objets complexes

Les mesures de FTO sont basées sur des figures simples telles que disques, bords, fentes ou réseaux, rares dans la réalité. La réalité par contre est trop complexe, car l'objectif final est de distinguer un cheval d'une vache, ou un char d'une jeep. On a donc recherché une solution intermédiaire, où la machine explore systématiquement le champ selon des tranches horizontales ou *barres*. Le nombre et l'épaisseur des barres sont évidemment cruciaux pour la performance finale, et on les choisira en fonction du but poursuivi. Par exemple (on ne s'étonnera pas que ces recherches soient surtout menées par les militaires) le repérage d'un half-track (véhicule semi-chenillé) requiert (*critères de Johnson*):

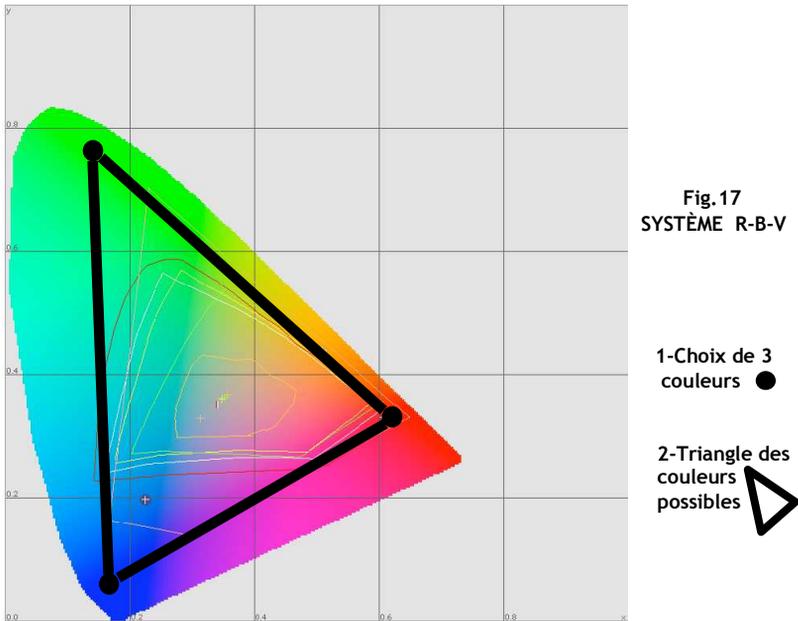
- 1 barre pour sa détection simple
- 1,5 barres pour déceler son orientation
- 4 barres pour reconnaître son type
- 5 barres pour l'identifier

Ce domaine est sans doute le seul où la prétendue *théorie des prototypes* puisse avoir quelque valeur pratique.

6.6 Le rendu des couleurs

Il peut être critique dans certaines applications, mais la perfection est impossible, surtout en raison du choix limité des colorants photographiques et des photophores des TRC. En outre des problèmes latéraux peuvent surgir, dus aux caractéristiques spectrales des revêtements anti-réflexion des lentilles, ou des lampes-sources du système.

Les sensations colorées sont dues aux réponses des cellules photoréceptrices de la rétine. Les bâtonnets ont un pic de sensibilité situé beaucoup plus bas que le bleu (± 425 nm), ce qui explique pourquoi le soir paraît bleu. Les cônes sont de trois types, sensibles respectivement aux longueurs d'onde courtes (Small), moyennes (Medium) et grandes (Long). C'est erronément qu'on les appelle parfois bleus, verts et rouges. Trois coordonnées suffisent donc pour définir la chromaticité : c'est le système « tristimulus ». Cependant afin de pouvoir la représenter en 2D on a normalisé les valeurs de façon à ce que $X + Y + Z = 1$. Il reste ainsi un graphique en X/Y sur lequel les couleurs physiquement possibles sont contenues dans une figure en forme de langue (fig.17).



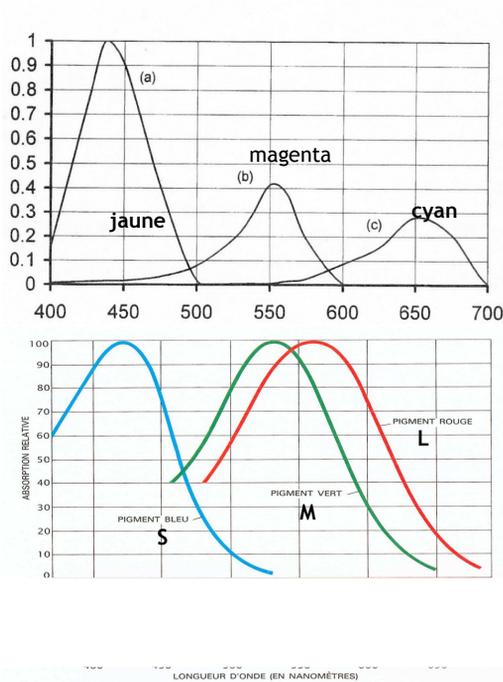
Plusieurs conséquences importantes sont alors à relever. Si on part de 3 sources colorées, chacune occupe un point de la figure, et le mélange de ces 3 sources ne peut donner qu'un point situé à l'intérieur du triangle formé par les 3 points : toute autre couleur est irréalisable par ce système. D'autre part une même sensation colorée peut être obtenue à partir d'un nombre théoriquement infini de triplets différents : c'est ce qu'on appelle le *métamérisme*. C'est pourquoi un système générateur d'images n'est fidèle que pour une illumination spécifique.

Pour terminer on donnera quelques précisions sur les difficultés que rencontre le rendu technique des couleurs s'il cherche à correspondre au mécanisme neurophysiologique de leur perception. Les fig.18 et 19 permettent de comparer les deux systèmes. Comme il se doit, tous deux sont trichromatiques, mais il s'en faut de beaucoup pour que leurs courbes de sensibilité soient identiques. La FTM permet de quantifier ces écarts et on observe notamment :

- qu'à certaines valeurs de la fréquence spatiale une émulsion photographique dite à *grain fin* présente des FTM > 1 ;
- que la réponse spectrale d'un film dit *panchromatique* est très décalée par rapport à la vision humaine : elle présente un creux pour le vert, elle est sensible aux longueurs d'onde < 400 nm donc aux UV, et elle « coupe » le rouge-violet ;
- les films dia sont composés de trois couches transparentes superposées, mais n'ayant pas du tout la même sensibilité : si on chiffre à 1 celle de la couche jaune, la magenta vaut 0,4 et la

La Fonction de Transfert Optique (FTO)

cyan seulement 0,3. De plus la réponse est une courbe en cloche et non une bande carrée.



Pigments d'une émulsion photographique panchromatique

Pigments photorécepteurs de l'œil humain

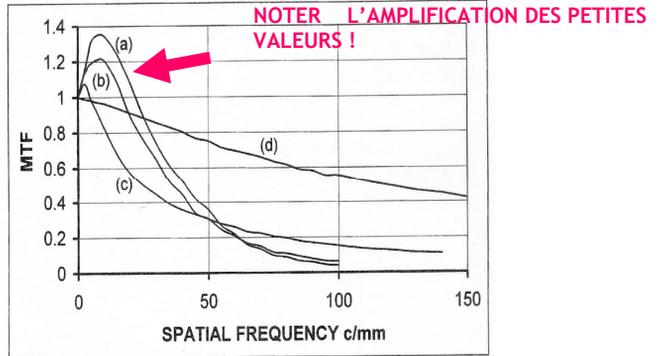
Fig.18 - L'œil et l'appareil photographique

De leur côté les sources de lumière interviennent aussi. Elles ont été soigneusement codées en fonction de leur bande d'émission (longueur d'onde λ) et en précisant leur température de couleur (en $^{\circ}\text{K}$) laquelle varie de 300 à 6000. Plus cette température est élevée plus la lumière est blanche. Celle du soleil est proche de 6000°K , mais les rayons infra-rouges sont fortement absorbés par l'atmosphère.

Il faut signaler pour terminer des études très originales entreprises par Vojko Pogačar (Université de Maribor). Au lieu de qualifier une fois pour toutes la lumière solaire, il en étudie la variation au cours de la journée et au cours des saisons. Il met ainsi en évidence de fortes variations d'intensité et de composition, que l'œil doit compenser pour admettre la stabilité de l'univers qu'il perçoit.

Fig. 19 - FTM de quelques matériaux photographiques

- (a) film dia lent
- (b) film dia rapide
- (c) film panchromatique rapide
- (d) film à grain fin



Bibliographie

Émile Biéumont *La lumière*, Paris, Presses Universitaires de France (coll. *Que sais-je ?* n°48), 1996.

Vojko Pogačar *Natural Colour cycling model as a ground for modern vexillology*, Ljubljana : 7th Intern. Symposium of SCA -Colours of National Symbols, 2006.

- *The principles of Dynamic Colour Model development*, Budapest : Intern. Conference on Colour Harmony, 2007.

Tom L. Williams *The Optical Transfer Function of Imaging Systems*, Bristol and Philadelphia, Institute of Physics Publishing, 1999.

Tendere l'orecchio. Perlustrazioni semiotiche sul *displaying* a partire dall'udibile

Giacomo FESTI

Università di Scienze Gastronomiche, Pollenzo

Università IULM, Milano

Andrea VALLE

Università di Torino

Introduzione

Uno dei punti scoperti nell'indagine della relazione tra prassi scientifica e immagini, intese nel senso più ampio possibile, concerne il ruolo della percezione, le modalità attraverso le quali essa contribuisce ai diversi e complessi processi di formazione, stabilizzazione, circolazione di saperi. I pochi lavori sociologici sul tema, aggiungiamo subito, ereditano la centralità pressoché esclusiva dei dispositivi di visualizzazione¹, nascondendo la presenza di mediazioni – e quindi, potremmo dire, di immagini sensoriali – che concernono altri modi del sensibile, quale quello dell'udibile qui discusso. Nell'esplorare il campo degli *auditory display*, prolungheremo allora in chiave semiotica il seguente suggerimento del sociologo delle scienze Jens Lachmund, secondo il quale : « the visual was not the only form of sensory experience to undergo systematic elaboration and epistemic

¹ Avrebbe potuto essere un'eccezione il lavoro di Cyrus C.M. Mody, « The Sound of Science : Listening to Laboratory Practice », *Science, Technology & Human Values*, vol. 30, n° 2, 2005, pp. 175-198. Purtroppo, decidendo di rendere pertinente il suono in situazioni laboratoriali in cui l'udibile non fosse oggetto diretto di studio, Mody perviene a tematizzare il ruolo contaminante del sonoro oppure il modo in cui compartecipa alla costruzione di uno spazio significativo, evitando qualsiasi articolazione di categorie descrittive/interpretative di rilevanza semiotica.

instrumentalization in modern science »². Se Latour poteva sottotitolare un suo noto saggio « Thinking with Eyes and Hands »³, si tratta per noi di aggiungere alla breve lista anche l'orecchio, senza confondere naturalmente l'organo con le sue possibilità semiotiche, evidentemente da esplorare⁴.

Per introdurci all'argomento, evochiamo una scena presente in un testo importante del campo medico di inizio Ottocento, *De l'auscultation médiate* di Laënnec⁵, nel quale si propone la tecnica dell'auscultazione mediata dallo stetoscopio, di sua invenzione.

All'ospedale Necker di Parigi, Laënnec racconta di trovarsi di fronte ad un fenomeno originale, consentito dal suo nuovo mezzo di indagine. Auscultando una giovane donna malata di tisi, sostiene di sentire chiaramente la sua voce uscire direttamente da un piccolo punto del ventre. Dopo aver rilevato lo stesso curioso fenomeno in altri venti pazienti tisici, scopre tramite autopsia che la tisi provoca ulcere polmonari che potrebbero spiegare la diversa circolazione dell'aria dentro il corpo. Laënnec chiamerà *pectriloquia* questo fenomeno sintomatico della tisi. Nelle oscurità polmonari, luogo di sfida diagnostica per il medico di inizio Ottocento, Laënnec stabilisce e inventa una connessione tra sintomo e malattia, mediata da uno scenario figurativo ricostruito, la circolazione dell'aria attraverso gli anfratti interiori, di fronte al fallimento dei segni manifesti recensiti fino ad allora. Tosse, catarro e altri fenomeni sintomatici fanno convergere diversi profili patologici e non servono, all'epoca, quali discriminanti diagnostiche. Ma Laënnec individua nuovi fenomeni interessanti, distinguendo ad esempio la *pectriloquia* dall'*egofonia*, fenomeno in cui la voce esce allo stesso modo dal ventre, ma in diversi punti con maggiore acutezza del normale (la descrive come « argentine » e « chevrotante », belante) : essa caratterizza i malati di pleura⁶. Foucault, nella sua *Nascita della clinica*, recupera proprio questo esempio per mostrare come cambi lo statuto del segno e della percezione con la pratica dell'anatomo-patologia. Si tratta di un caso dirimente che ben evidenzia e valorizza la differenza tra la medicina classica, in cui il segno naturale è in un *regime di evidenza* rispetto alla malattia, e quella resa possibile dalla « nascita della clinica » moderna, in cui il segno, provocato

² Jens Lachmund, « Making Sense of Sound : Auscultation and Lung Sound Codification in Nineteenth-Century French and German Medicine », *Science, Technology, & Human Values*, vol. 24, n° 4, 1999, pp. 419-450, cit. p. 420.

³ Cfr. Bruno Latour, « Visualization and Cognition : Thinking with Eyes and Hands », *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Culture Past and Present*, 6, 1986, pp. 1-40.

⁴ Sulle premesse di una semiotica dell'udibile, ci permettiamo di rinviare a Andrea Valle, *Preliminari a una semiotica dell'udibile*, Tesi di dottorato in Semiotica, XV ciclo, Università degli studi di Bologna, 2004.

⁵ Il titolo originale del testo, in due volumi, è *De l'auscultation médiate où traité du diagnostic des maladies des poumons et du cœur fondé principalement sur ce nouveau moyen d'exploration*, 1819.

⁶ Citato in Michel Foucault, *Naissance de la clinique*, Paris, P.U.F., 1963, p. 152.

dalla strumentazione, è solo indirettamente connesso alla malattia e anche alla futura rivelazione della lesione organica che si paleserà nella dissezione del cadavere⁷. In questo passaggio, è la percezione che assume una sua centralità: Foucault la caratterizza in termini di « triangolazione »⁸ tra udibile, visibile e tattile in un quadro di totalità polisensoriale: l'incontro clinico tra il corpo del medico e il corpo del malato reso solo ora individuale e singolare. Si pone allora il problema di un linguaggio capace di articolare questa plasticità della percezione, « la flexion nouvelle donnée au langage médical »⁹, che emerge grazie anche ai nuovi dispositivi tecnici:

il ne s'agit plus, par une mise en correspondance biunivoque, de promouvoir le visible en lisible, et de faire passer au significatif par l'universalité d'un langage codifié; mais d'ouvrir au contraire les mots sur un certain raffinement qualitatif, toujours plus concret, plus individuel, plus modelé; importance de la couleur, de la consistance, du "grain", préférence accordé à la métaphore sur la mesure [...]; valeur des qualités intersensorielles (lisse, onctueux, bosselé)¹⁰

Nel transito dall'orecchio alla scrittura (tra l'altro Lænnec afferma che lo stetoscopio andava tenuto come un pennino), la nuova scienza del medico francese resta, nonostante la finezza analitica, un *dispositivo teorico autografico* (cfr. *infra*), incapace di stabilizzarsi e di generalizzarsi nei processi trasmissivi. Lachmund dimostra chiaramente come l'insegnamento di Lænnec sarebbe intrasmissibile se non vi fosse l'insegnamento pratico¹¹, in cui sono i corpi dei pazienti ad essere dispositivi di (ri)produzione acustica (i corpi sonori). Ma tali corpi sonori sono evidentemente poco adatti a funzionare da iscrizioni permanenti e mobili, valori fondamentali della prassi scientifica moderna, quantomeno nella prospettiva latouriana che ci apprestiamo ad attraversare. L'auscultazione mediata, nel suo dettaglio analitico, resta in attesa della fonofissazione. Non è un caso, infatti, che la complessa tassonomia di Lænnec venga brutalmente ridotta e semplificata nel suo passaggio al mondo germanofono. Lachmund illustra come i lavori del viennese Skoda, propugnatore di una nuova alleanza teorica con la fisica acustica, ponga le basi per una diversa standardizzazione vincente, seppur estremamente semplificata rispetto alla finezza di Lænnec.

⁷ Sull'opposizione tra un regime d'evidenza e un regime mediato, si rinvia a Jacques Fontanille, « La chute de Lucifer : la fin des évidences et l'avènement de la rhétorique du visible », *VISIO*, « Figures du visible », vol. 2, n° 1, 1997.

⁸ Michel Foucault, *Naissance de la clinique*, *op. cit.*, p. 166.

⁹ Michel Foucault, *Naissance de la clinique*, *op. cit.*, p. 173.

¹⁰ *Ibidem*.

¹¹ Jens Lachmund, « Making Sense of Sound : Auscultation and Lung Sound Codification in Nineteenth-Century French and German Medicine », *op. cit.*

Teoria dell'iscrizione e percezione

Latour ha proposto, ormai vent'anni or sono, una teoria dell'iscrizione in cui si sottolinea l'importanza delle mediazioni scritte nella pratica scientifica e tecnica (e non solo), ampiamente ripresa all'interno della sociologia delle scienze¹². La nostra articolata scena iniziale, in cui la scrittura della scienza transita necessariamente attraverso l'orecchio fine di L  ennec, ci permette di comprendere il senso della domanda attraverso cui rileggere il contributo latouriano : qual   il posto assegnato alla percezione, alle logiche del sensibile, in una teoria dell'iscrizione ? La sua prospettiva centrata sull'etnografia delle pratiche intende esplicitamente aprire una terza via che non ricada n  in un materialismo testualista semiotico (al proposito cita Derrida), n  in una forma di idealismo focalizzata sugli attori della scienza. In questo quadro, la percezione viene fatta ricadere, come ci  che testimonia di forme di soggettivit , nell'insieme degli elementi spuri. La percezione o   un resto superficiale rispetto a poste in gioco « pi  profonde »¹³ oppure   pensata come un effetto rumore che fa da sfondo all'astrazione formalizzante della scrittura.

Nel saggio in cui elabora la tua teoria, Latour caratterizza l'iscrizione attraverso nove tratti pertinenti che ne determinano la natura di « mobile immutabile ». Va rilevato innanzitutto come una teoria dell'iscrizione non sia una teoria del testo, ovvero dello scritto, ma piuttosto dell'oggetto iscritto, ovvero delle propriet  oggettuali dell'iscrizione. O ancora, per dirla con Fontanille¹⁴, dell'oggetto come superficie di iscrizione.

Alcune considerazioni in merito alla caratterizzazione latouriana :

- i) la teoria delle iscrizioni   presentata come specificazione dell'idea di « consistenza ottica », in questo dipendendo da una proximit  al dato sensibile.
- ii) Non c'  per  una teoria del sensibile esplicita che sostenga la discussione latouriana (non   marginale il vetero-riferimento, *en passant*, ad Arnheim¹⁵).
- iii) L'esito paradossale dell'interesse all'iscrizione come strumento di indagine empirica   quello di un'ottica senza occhi, oppure di un'ottica in cui l'occhio, come la lingua della semiologia barthesiana, diventa

¹² Bruno Latour, « Drawing Things Together », in M. Lynch e S. Woolgar, eds., *Representation in Scientific Practice*, Cambridge (Ma), MIT Press, 1990, pp. 19-68. Tra i testi che la rilanciano e discutono, ci sembra importante citare il collettaneo di Timothy Lenoir, *Inscribing Science*, Stanford, Stanford University Press, 1998, in cui fa capolino anche la semiotica.

¹³ Bruno Latour, « Drawing Things Together », *op. cit.*, p. 26.

¹⁴ Ci riferiamo qui al tentativo di Fontanille di caratterizzare diverse *semiotiche oggetto* nell'analisi di fenomeni culturali complessi, attraverso la proposta di un percorso generativo del piano dell'espressione. In particolare, cfr. Jacques Fontanille, « Textes, objects, situations et formes de vie. Les niveaux de pertinence de la sémiotique de cultures », *E/C. Rivista dell'Associazione Italiana di Studi Semiotici on line*, 2004.

¹⁵ Bruno Latour, « Drawing Things Together », *op. cit.*, p. 47.

un traduttore onnipotente. Questa ambiguità rispetto allo statuto della percezione sembra dipendere dall'esplicita vocazione allografica della teoria latouriana. La distinzione tra autografia e allografia in Goodman¹⁶ pertiene al problema dello statuto identitario dell'opera d'arte e la possibilità di definire l'identità in termini di compitazione (allografia) o meno (autografia). La presenza di una notazione esplicita caratterizza il regime allografico (indifferenza alla copia) rispetto all'autografia. Come si avrà modo di discutere, un regime allografico evacua la pertinenza del sensibile, e dunque della percezione, nell'accesso al senso.

Ci chiediamo qui se l'esplorazione dei processi traduttivi che portano alla formazione di *mobili immutabili* : i) non debba ripensare al contributo del sensibile come ulteriore mediazione semioticamente rilevante ; ii) possa caratterizzare in modo più articolato la transizione tra regimi autografici e allografici all'interno delle pratiche scientifiche.

Percezione e autografia

Una ricognizione della letteratura storico-sociologica delle scienze mostra generalmente come sia ampiamente riconosciuta l'alterità dell'immagine rispetto alla scrittura¹⁷. Più in particolare, emergono due tipi di indagini di rilevanza semiotica per quanto attiene al contributo del sensibile :

- i) in primo luogo, l'osservazione di come le pratiche scientifiche costituiscano riflessivamente delle analitiche o delle ermeneutiche dell'immagine in vista di un suo addomesticamento rispetto alla significazione che dischiude : si tratterebbe cioè, a partire da forme d'espressione dense, ovvero autografiche, di elaborare un piano del contenuto. Françoise Bastide¹⁸ tematizza ad esempio il lavoro intenso di semi-simbolizzazione a partire dai valori plastici dell'immagine (testure, valori cromatici, topologici, eidetici) ma resta da capire lo statuto che viene concesso alle logiche o logistiche del sensibile, ovvero a forme processuali quindi sintattiche.
- ii) In secondo luogo, le etnografie dedicate alle varie fasi della pratica scientifica, dal terreno, al laboratorio, all'articolo scientifico, nel

¹⁶ Cfr. Nelson Goodman, *I linguaggi dell'arte* (1968), Milano, Il Saggiatore, 1976. Per un portato semiotico della teoria goodmaniana, cfr. Pierluigi Basso, *Il dominio dell'arte*, Roma, Meltemi, 2002, cap. 3.

¹⁷ Tra i testi più indicativi al riguardo, cfr. Michael Lynch, « The externalized retina : Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life science », in M. Lynch e S. Woolgar, *op. cit.*, p. 153-186 ; Simon Shaffer, « The Leviathan of Parsonstown : Literary Technology and Scientific Representation » in Lenoir, *op. cit.*, pp. 182-222 ; Peter Galison, *Image and Logic : A Material Culture of Microphysics*, Chicago, University of Chicago Press, 1997.

¹⁸ Françoise Bastide, *Una notte con Saturno. Scritti semiotici sul discorso scientifico*, Roma, Meltemi, 2001.

momento in cui mettono in gioco dei display visivi, osservano la presenza di regimi di semantizzazione plurimi e concorrenti. Questi ultimi si muovono dall'archeologia produttiva delle immagini (si tematizza la relazione tra effetti visivi e funzionamento del dispositivo), alle qualità o alle relazioni esemplificate dalle stesse (configurazione), alla prefigurazione di possibilità genericamente argomentative (l'immagine già prospettata come discorso). In breve, sembra in gioco un'ecologia delle valorizzazioni¹⁹ propria al dominio scientifico, di cui la dimensione percettiva costituirebbe una delle possibilità.

Due saggi sono particolarmente esemplificativi di questo approccio. Knorr-Cetina e Amman²⁰ mostrano innanzitutto come un'autoradiografia (immagine prodotta all'interno della biochimica genetica che studia i processi di traduzione del DNA e dell'RNA) viene costituita quale insieme significativa in relazione esattamente: i) a uno scenario produttivo, comprensivo di un dispositivo e di prassi laboratoriali (al momento di capire se si tratta di una buona immagine, nel senso di non presentare difetti di fabbricazione); ii) a uno scenario teorico-argomentativo (se l'immagine sia una buona prova per una qualche ipotesi sperimentale, se non sia un replica di altre immagini già tesaurizzate); iii) alla sua configurazione interna (relazioni diagrammatiche tra parti che richiedono specifiche abilità percettive nella selezione di ciò che è pertinente e nel discriminare dei valori in gioco). Quest'ultimo punto si riferisce direttamente a logiche percettive ed infatti i due autori, nel corso di un'etnografia, evidenziano una specifica drammatizzazione della percezione nella prima ispezione collettiva di una nuova immagine. Uno dei compiti assegnati è quello di trovare dei punti specifici dove alcuni processi sono supposti iniziare: gli occhi si muovono «di qua e di là», improvvisando comparazioni e calcoli sommari, riconoscono ostacoli e relazioni fino a scovare, con *effetto eureka* (patemizzazione della scoperta), il punto cercato. Sembra un buon caso di immagine come terreno di esplorazione che mette in gioco una dialettica tra l'operativo e l'operabile. Nei termini fontanilliani, questa ispezione, che figura e rifigura delle relazioni, gioca sulla conversione attanziale generalizzata possibile nel modo del visibile²¹.

Un secondo saggio importante è quello in cui Charles Goodwin²², che ha lavorato in più luoghi sulla visione professionale, studia una comunità di geochimici alle prese con rilevazioni del contenuto di ioni di radio in acque

¹⁹ Cfr. Pierluigi Basso Fossali, «Peirce e la fotografia: abusi interpretativi e ritardi semiotici», in P. Basso Fossali e M. G. Dondero, *Semiotica della fotografia. Investigazioni teoriche e pratiche d'analisi*, Rimini, Guaraldi, 2006, pp. 113-214.

²⁰ Karin Knorr-Cetina e Klaus Amman, «Image dissection in Natural Scientific Inquiry», *Science, Technology & Human Values*, vol. 15, n° 3, 1990, pp. 259-283.

²¹ Cfr. Jacques Fontanille, *Figure del corpo*, Roma, Meltemi, 2004, cap. 4.

²² Charles Goodwin, «La nerezza del nero», in Id., *Il senso del vedere*, Roma, Meltemi, 2003, p. 147-186.

estratte da vari punti, a partire dalle reazioni prodotte su una fibra di acrilico immersa per un certo tempo nelle diverse acque a diversa profondità. Goodwin mostra come i giudizi percettivi rilevanti per la pratica in atto (la fibra nera al punto giusto) dipendono da una totalità polisensoriale (il tatto è parimenti in questione nella valutazione dello stato della fibra, così come un coordinamento intercorporale) e da una valutazione integrata del processo in corso (è rilevante un'aspettualizzazione: la nerezza viene connessa a un processo di trasformazione nel tempo; in altri termini, c'è una tempistica della pratica che entra direttamente in relazione con la valutazione cromatica). In questo caso, quindi, si dà integrazione del visibile con altre dimensioni operanti nell'insieme eterogeneo della pratica in corso.

Tornando al primo punto, il riferimento d'obbligo è il lavoro di Lynch che non a caso introduce la locuzione spesso citata di « externalized retina »²³. Ci si può chiedere in che cosa l'uso del termine « retina » rinvii a specifiche logiche del visibile depositate, per così dire, nei dispositivi che rimediano costantemente le prassi scientifiche in atto.

In un saggio precedente²⁴, Lynch individua delle sintassi all'opera, sufficientemente astratte, che senz'altro mettono in gioco alcune proprietà generiche del modo del visibile, in particolare la *conversione eidetica*. Si tratta di configurare, di selezionare delle icone, stabilizzandole (attraverso delle operazioni tipiche di marcatura sull'immagine), ma anche di introdurre un paesaggio figurativo, proiettando un quadro spazio-temporale e individuando delle relazioni interattanziali (incontro, scontro, percorso, ecc.). In un caso specifico, Lynch prende in considerazione un articolo scientifico sulla rigenerazione di cellule cerebrali²⁵, in cui è presente una sequenza di immagini coordinate: si passa da sezioni al microscopio – attraverso montaggi, selezioni, manipolazioni varie – ad un grafo finale in cui si mantengono solo le proprietà meno figurative (densità di presenza e distanza) e soprattutto computabili. Il grafo gioca un ruolo di *convertitore allografico*: da un lato tiene in memoria le procedure di fabbricazione dell'immagine conservando dei valori pertinenti, dall'altro entra pienamente nel discorso teorico generale e inglobante, di natura argomentativa. E' un dispositivo, potremmo dire, figurale, dal momento che si colloca all'intersezione di due scenari, uno produttivo e uno predicativo. Lynch è quindi interessato alle procedure che preludono alla formazione di mobili immutabili. La sottrazione di proprietà figurative permette quell'accelerazione del computo di cui parla Latour²⁶: l'estrazione del dato lo configura come posizione attanziale altamente scambiabile.

²³ Michael Lynch, « The externalized retina: Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life science », *op. cit.*

²⁴ Michael Lynch, « Discipline and the Material Form of Images: An Analysis of Scientific Visibility », *Social Studies of Science*, vol. 15, 1985, pp. 37-66.

²⁵ *Ibidem*, p. 44 e sg.

²⁶ Bruno Latour, « Drawing Things Together », *op. cit.*, p. 47.

Displaying : ovvero dispiegare la percezione in un'iscrizione

Il problema di L  ennec   dunque quello dell'iscrizione del suono su un supporto, cos  da costituirlo finalmente in mobile immutabile. Si tratta cio  di convertire il paesaggio sonoro dell'interiorit  somatica, continuum fonico accessibile esclusivamente all'orecchio, in una combinatoria di segni che ne espliciti una strutturazione in elementi finiti, cos  che esso diventi trasmissibile in quanto riproducibile.   problema remoto, che la storia culturale occidentale ha incontrato pi  volte in relazione alle complesse elaborazioni teoriche e alle altrettanto sofisticate pratiche compositive della musica²⁷.   infatti la musica a porre evidentemente con una urgenza strutturale il problema della notazione come iscrizione del sonoro. Non a caso, in apertura della *wunderkammer* che raccoglie la speculazione musicale in proposito campeggia il motto isidoreo : « Soni pereunt quia scribi non possunt ». La caducit  dell'evento sonoro richiede, per assicurare una sopravvivenza, l'imbalsamazione di una scrittura : a tutta evidenza lo scenario mortuario   quello platonico del *Fedro*, abbondantemente discusso nelle storie delle scritture²⁸ ma, poich  le lingue naturali presentano un tasso di variabilit  diacronica inferiore ai fenomeni musicali,   proprio la notazione musicale a mantenere in presenza nella cultura occidentale il problema dell'iscrizione del suono, laddove il processo iscrittorio alfabetico   assimilato e metabolizzato e - sfondo stesso di quella cultura - costituisce la possibilit  dell'emergenza del problema musicale. Dunque   l'accezione musicale ad essere prototipicamente associata al lessema « notazione », tanto da essere scaturigine della profonda riflessione filosofica di Goodman sul problema dell'articolazione dei sistemi semiotici in termini di auto/allografia. La questione   cruciale e verr  ripresa dopo.

In effetti, L  ennec, nel suo tentativo di scrittura del paesaggio somatico, avrebbe a disposizione il sistema segnico allestito dalla notazione musicale tradizionale, forse nel suo momento di maggiore stabilit  (la notazione ottocentesca   quella che a tutt'oggi costituisce lo standard e viene tipicamente definita come « Common Practice Notation »²⁹). Ma notoriamente la notazione musicale occidentale prevede una descrizione strettamente basata sull'altezza (organizzata diatonicamente e in funzione del cosiddetto temperamento equabile) e sul ritmo (quest'ultimo tendenzialmente a base binaria), laddove gli oggetti sonori studiati dal fisiologo francese si costituiscono in sistema in funzione di altre dimensioni, che la teoria occidentale, almeno fino a Pierre Schaeffer, ha ascritto residualmente al « timbro » : categoria residua perch , appunto, macrocontenitore di tutto ci 

²⁷ Per una riflessione semiotica sul fenomeno notazionale nel Novecento cfr. Andrea Valle, *La notazione musicale contemporanea. Aspetti semiotici ed estetici*, Torino, EDT-De Sono, 2002.

²⁸ Cfr. ad esempio James G. F  vrier, *Histoire de l' criture*, Paris, Payot, 1959, Giorgio Raimondo Cardona, *Storia universale della scrittura*, Milano, Mondadori, 1986.

²⁹ Cfr. Kurt Stone, *Music notation in the twentieth century: a practical guidebook*, New York, Norton, 1980.

che non può essere descritto in termini di altezza e ritmo. Dunque la notazione musicale disponibile per Lænnec non è a grana sufficientemente fine per convertire quelli oggetti sonori di origine corporea, del tutto eterogenei rispetto alle dimensioni rese pertinenti da quella stessa notazione, in mobili immutabili. In effetti il salto epistemologico/metodologico sarebbe stato possibile attraverso l'utilizzo dei dispositivi tecnologici di « fonofissazione »³⁰ che però compariranno sulla scena una cinquantina d'anni dopo : il fonografo edisoniano sarà inventato soltanto nel 1877. Attraverso la fissazione su supporto del suono, Lænnec avrebbe potuto superare la caducità evenemenziale della materia sonora, così tipicamente udibile, in favore di una stabilità configurazionale, eminentemente scrittoria, e in fondo più propria del visibile. Il controfattuale ha qui un suo interesse perché è proprio attraverso la fissazione (e la visualizzazione) del suono che a Bréal riesce quel passaggio notazionale fallito da Lænnec. Bréal lavora infatti a stretto contatto con Marey, pioniere assoluto delle tecnologie di registrazione del sonoro e del visivo, e può studiare le visualizzazioni automatiche che questi è in grado per la prima volta di ottenere (per via meccanica) delle fonazioni linguistiche umane. La fissazione è dunque il primo passo di quella scienza teoretica del suono declinato linguisticamente, linguistica teorica e non più storica, che ha in Bréal il suo fondatore ed il diretto predecessore di Saussure. Come nota acutamente Brain, la linguistica della linea Bréal/Saussure si fonda sulla descrizione del significante come « image vocal/acoustique », quella immagine che Bréal ha modo di *vedere e di rivedere* grazie a Marey³¹. Al contrario Lænnec deve limitarsi alla invenzione verbale : ma la selva di neologismi che predispone non riesce a risolvere il problema notazionale.

C'è in effetti un'asimmetria interessante tra visibile e udibile in relazione all'utilizzo in ambito scientifico. In qualche misura, la rivoluzione scientifica è una rivoluzione di immagini, e dunque il visibile è un componente cruciale dell'intera fondazione dell'impresa scientifica³². Al contrario l'udibile diventa controllabile come elemento del processo scientifico soltanto con la fonofissazione (come si è detto, intorno all'ultimo quarto dell'Ottocento) e con la sintesi sonora (sostanzialmente dopo il secondo conflitto mondiale). Ma, se si assume latourianamente che la prassi scientifica abbia un suo momento costitutivo nella produzione e circolazione di mobili immutabili, non è soltanto a causa di un eventuale ritardo sul visibile che l'udibile non è ancora in grado di entrare come elemento in quella stessa prassi : è infatti l'eterogeneità dell'udibile che inibisce la mobilità dei testi sonori rispetto ai testi scientifici. Nota Hermann discutendo,

³⁰ Cfr. Michel Chion, *Le son*, Paris, Nathan, 1998.

³¹ Robert Brain, « Standards and Semiotics », in Timothy Leary e Hans Ulrich Gumbrecht, *Writing science, op. cit.*, p. 249-284. Si noti che l'oggettività scientifica si ottiene convertendo in immagine visibile la soggettività udibile della parola ascoltata.

³² Si potrebbe altresì convocare il problema della fondazione greca del sapere come oggetto distale della visione, cfr. ad esempio Serres, *La naissance de la physique dans le texte de Lucrèce*, Paris, Minuit, 1977.

assai recentemente, il problema dell'affiancamento del suono all'immagine nella pubblicazione scientifica (2002 : 35):

It is impossible to put sonifications into printed papers without additional technical playback devices. As scientific publications appear mostly in printed journals, results can not be presented using the same media. This, however, is getting less problematic with the increasing availability of the Internet.

Dunque, il suono, a differenza dell'immagine eterogeneo rispetto al testo, non può esservi incluso, pena la non circolazione di quest'ultimo. L'osservazione di Hermann però chiarisce immediatamente come uno snodo storico di rilievo nel ridefinire il ruolo del suono nella comunicazione scientifica sia rappresentato dalla digitalizzazione, cioè dalla conversione, onnipervasiva, dell'informazione in forma numerica. Ne consegue una prospettiva generale rispetto al sapere, e alle procedure della sua formazione e circolazione, che Manovich³³ definisce come « orientata ai dati ». Rispetto al contributo della percezione all'enunciazione scientifica (rispetto, cioè, al modo in cui visibile e udibile entrano nel dispositivo enunciazionale scientifico) la digitalizzazione comporta un doppio processo, all'insegna opposta di una omogeneizzazione e di una eterogeneizzazione.

Da un lato, si assiste ad una omogeneizzazione di visibile e udibile : il formato numerico dell'informazione (una volta convertita) la rende modalmente aspecifica rispetto al canale sensoriale. Ne consegue un incremento della compatibilità tra informazioni audio e visive (assai banalmente, si pensi allo scambio di informazioni attraverso il web, in cui l'unica variabile in gioco è la quantità dell'informazione, non la qualità). In sostanza, si assiste ad una omogeneizzazione dei dati in entrata.

In maniera del tutto opposta e simmetrica, la digitalizzazione implica però anche un processo di eterogeneizzazione, più ricco di implicazioni perché forse meno evidente, che concerne il percorso opposto : si assiste cioè ad una radicale alterità tra dato numerico e risultante sensibile in uscita. All'omogeneizzazione dell'informazione in entrata fa da contraltare l'eterogeneizzazione dell'informazione in uscita. L'informazione numerica deve cioè essere mappata in un dominio sensibile : deve diventare carattere o linea su uno schermo, suono diffuso da un altoparlante, e così via (Figura 1).

³³ Lev Manovich, *The language of new media*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2001.

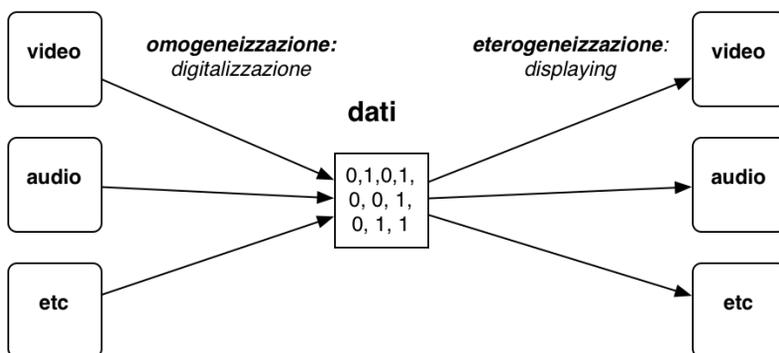


Figura 1. Omogeneizzazione ed eterogeneizzazione

Rispetto al passaggio tra numerico/continuo (che non è inteso qui in termini soltanto tecnologici ma anche in relazione a cambiamenti di regime semiotico, come si vedrà), emerge allora la centralità della nozione di *display*. Termine inglese difficilmente traducibile, il suo etimo rimanda, attraverso l'anglo-normanno *despleier*, al latino medievale *displicare*, ovvero ad un'operazione di « dispiegamento ». In sostanza un display prevede tre tratti :

- è un dispositivo capace amodalmente di « dispiegare » qualcosa che è « ripiegato » su se stesso
- ha una natura computazionale, poiché si occupa di convertire il dato numerico in un oggetto sensibile (è l'elemento fondamentale della sintassi dell'eterogeneizzazione di cui sopra)
- opera assumendo una rescissione del nesso fenomenologico tra soggetto e oggetto della percezione.

Si consideri il caso (tipico) di un displaying visivo, ovvero della visualizzazione di dati o delle informazioni (*data* o *information visualization*). In primo luogo, la determinante visiva del displaying è soltanto una tra le molte possibili : si potrebbe avere cioè un display uditivo o tattile. Evidentemente poi, il quadro tecnologico di riferimento è computazionale, poiché il display è per definizione un dispositivo di conversione sensibile (visualizzazione) di dati numerici. Infine, se nella « visione di un oggetto » fenomenologicamente si ha una tenuta reciproca del soggetto vedente e dell'oggetto visto, nel caso di una « visualizzazione di dati » si ha una radicale separazione tra i due poli, soggettale e oggettale. La visualizzazione avviene infatti sempre a posteriori : è di principio separata temporalmente dal suo oggetto. In più, come già osservato, la determinazione visiva è in fondo accessoria (l'oggetto non è, di per sé, inestricabilmente oggetto della percezione).

L'esempio proveniente dalla *data visualization* non è casuale, perché, stante l'acclarata primazia scientifica del visibile sull'udibile, è intuibile

come l'utilizzo di un output visivo per il « dispiegamento » dei dati vanta una certa tradizione. La visualizzazione dei dati contribuisce cioè dalla fine degli anni Sessanta del secolo scorso alla produzione di immagini scientifiche. Il motto « using vision to think » è l'assunto alla base dell'information visualization³⁴. Assai rapidamente, alla base dell'insieme di studi che possono essere raccolti sotto il termine di *information visualization* vi sono tre apporti differenti : gli studi cartografici, in particolare quelli di Bertin³⁵, gli studi statistici, soprattutto quelli dedicati all'esplorazione di collezioni di grandi dimensioni di dati, all'origine del lavoro seminale di Tufte³⁶, l'elaborazione al computer dell'informazione, i cui primi principali risultati sono stati raccolti nella raccolta di readings di Card, Mackinlay, Shneiderman³⁷, che ha un ruolo fondazionale per la disciplina (e che ripercorre anche storicamente il percorso citato). Sebbene in un'accezione diversa, anche la sociologia delle scienze (si pensi ai lavori già citati di Lynch, cfr. *supra*) ha tematizzato la rilevanza di « visual displays » come risultato di pratiche produttive ed insieme come luoghi di negoziazione del senso.

Sonificazione : un'introduzione ed un case-study

La visualizzazione dell'informazione, come operazione che si traduce nell'allestimento di display visivi, è in effetti un caso particolare di rappresentazione dell'informazione, che, secondo quanto discusso, può avvenire, almeno di principio, anche secondo modalità (nel senso percettivo) differenti. Vale la pena allora di discutere il caso della sonificazione, ovvero dell'*analogon* udibile della visualizzazione : il caso è interessante sia in relazione al problema dell'iscrizione del sonoro sia per un confronto intermodale con la visualizzazione. L'apparizione della sonificazione (anche come termine scientifico) è databile ai primi anni '90. Il periodo è di rilievo perché coincide con il momento in cui i display uditivi (auditory displays) possono essere utilizzati dagli scienziati ed *insieme* possono essere studiati dagli scienziati. Dunque, il punto di svolta, che innesca un circolo virtuoso, coincide con la possibilità di includere dati sonori nelle pubblicazioni e di fare di quegli stessi strumenti scientifici (i display uditivi) l'oggetto di riflessione scientifica. In effetti, a partire dagli anni '90 si assiste da un lato alla possibilità di registrare dati su supporto CD (l'Orange Book, lo standard che introduce i CD-R, è del 1990) e alla diffusione capillare di internet, che nasce appunto come infrastruttura per la comunicazione scientifica (notoriamente, il primo nucleo del World Wide Web è databile al 1991

³⁴ Ben Shneiderman, Stuart K. Card, Jock D. Mackinlay, *Readings in Information Visualization : Using Vision to Think*, San Francisco, Morgan Kaufmann, 1999.

³⁵ A partire da Jacques Bertin, *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes*, Paris, Mouton, 1967.

³⁶ Edward R. Tufte, *The Visual Display of Quantitative Information*, Cheshire (CT), Graphics Press, 1982.

³⁷ Ben Shneiderman, Stuart K. Card, Jock D. Mackinlay, *Readings in Information Visualization : Using Vision to Think*, *op. cit.*

presso il CERN). In altri termini, a partire dagli anni '90 i dati audio possono (potenzialmente e al di là della netta supremazia del testo scritto tradizionale) diventare parte di un mobile immutabile multimediale, sia esso iscritto sul supporto fisico del CD o diffuso in rete. Tappe fondamentali di una storia della sonificazione³⁸ comprendono alcuni precursori, ritrovabili ad esempio nel funzionamento dei contatori Geiger, dei sonar, nell'allarmistica aerea e medica ed un insieme di studi di provenienza dall'ambito delle Human Computer Interfaces: la prima conferenza internazionale dell' ICAD (International Community for Auditory Display) è del 1992 e, a testimonianza dell'espansione del settore, la stessa conferenza, inizialmente biennale, diventa annuale nel 2000.

Esistono numerose definizioni possibili di sonificazione. Ad esempio:

a mapping of numerically represented relations in some domain under study to relations in an acoustic domain for the purpose of interpreting, understanding, or communicating relations in the domain under study³⁹

a mapping of numerically represented relations in some domain under study to relations in an acoustic domain for the purpose of interpreting, understanding, or communicating relations in the domain under study⁴⁰

the use of non-speech audio to convey information⁴¹

the transformation of data relations into perceived relations in an acoustic signal for the purposes of facilitating communication or interpretation⁴²

the design of sounds to support an information processing activity⁴³

the presentation of data using sound⁴⁴

³⁸ Cfr. Steven P. Frysinger, « A Brief History of Auditory Data Representation to the 1980s », *Proceedings of the International Conference on Auditory Display. (ICAD2005) - First Symposium on Auditory Graphs*, Limerick, 2005; Gregory Kramer (et al.), « Sonification Report: Status of the Field and Research Agenda », prepared for the National Science Foundation by members of the International Community for Auditory Display Editorial Committee and Co-Authors, 1997, <http://icad.org/node/400>.

³⁹ Scaletti, cit. in Stephen Barras, *Auditory Information Design*, Ph.D. Thesis, The Australian National University, Canberra, 1997, p. 29.

⁴⁰ Scaletti, cit. *ibidem*.

⁴¹ Gregory Kramer, « Sonification Report: Status of the Field and Research Agenda », *op. cit.*, s.p.

⁴² *Ibid.* La definizione, unitamente a quella precedente, è ufficialmente adottata dall'ICAD, si veda « Glossary », <http://icad.org/392>, « Sonification ».

⁴³ Stephen Barras, *Auditory Information Design*, *op. cit.*, *passim*.

⁴⁴ Thomas Hermann, *Sonification for Exploratory Data Analysis*, Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Naturwissenschaften der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld, 2002, p. 3.

L'insieme delle definizioni condivide un'aria di famiglia anche se comporta differenze di un certo rilievo (ad esempio, Hermann considera fuorviante l'enfasi sull'operazioni di mappatura tra dati numerici e tratti acustici, a cui la maggior parte delle altre definizioni fa riferimento). Ma al di là di una discussione minuziosa, vale la pena di porre un quesito più generale : c'è una specificità della percezione uditiva rispetto a quella visiva che costituisca un discrimine tra modalità di rappresentazione? Una risposta negativa evidentemente inficerebbe alla sua origine ogni riflessione sul processo di eterogeneizzazione che porta dai dati all'output sensibile, così come negherebbe ogni interesse alla sonificazione rispetto alla visualizzazione, poiché la scelta tra modalità sensibili di uscita sarebbe semioticamente irrilevante. Una discussione sulla differenza tra udibile e visibile, per quanto limitata ad una prospettiva più interna di semiotica della percezione, è fuori luogo in questa sede, ma è comunque possibile (e necessario) schematizzare come segue :

visibile	configurazione	struttura	conversione eidetica	dominante spaziale
udibile	evento	processo	evenemenzialità	dominante temporale

In generale emerge chiaramente una discriminante, di non agevole discussione ma fenomenologicamente consistente e presente in tutti gli studi specialistici, che assegna una dominante temporale all'udibile rispetto al visibile : alla configurazione visiva si oppone allora l'evento uditivo, alla struttura come coesistenza di parti (tipicamente visibile) il dispiegarsi progressivo del processo (tipicamente udibile), alla costituzione dell'oggetto come tutto (per conversione eidetica) il costituirsi sempre oscillante tra protensioni e ritenzioni dell'evento sonoro⁴⁵. Si tratta evidentemente di semplificazioni schematizzanti, che mirano a definire una prototipicità di visibile e udibile, senza certamente voler dire, ad esempio, che il visibile non « abbia il tempo » o che l'udibile non articoli la spazialità. In ogni caso, gli studi di psicologia della percezione riconoscono al sistema uditivo alcuni tratti specificamente temporali che lo differenziano radicalmente da quello visivo. Ad esempio, in una prospettiva di basso livello (vicina cioè al funzionamento fisiologico) è noto che il sistema uditivo presenta una elevata risoluzione temporale e tempi di risposta estremamente ridotti. Questa specificità temporale si manifesta ad un livello superiore (cioè rispetto ai processi cognitivi) nella capacità di gestione in parallelo di più flussi di informazione (*streaming*, letteralmente « flussione », nella definizione di

⁴⁵ Per una discussione semiotica cfr. Andrea Valle, *Preliminari ad una semiotica dell'udibile*, op. cit.

Bregman⁴⁶). In generale gli oggetti della percezione uditiva (che Schaeffer 1952, 1966, chiama «oggetti sonori») sono oggetti-flusso, a dominante temporale: in effetti, pur dotandosi di una identità specifica e riconoscibile, sono più propriamente descritti dalla psicologia della percezione uditiva come «eventi uditivi» (*auditory events*, secondo Handel⁴⁷). In altri ambiti, al contrario, le prestazioni del sistema uditivo sono molto inferiori a quelle del sistema visivo.

La sonificazione, cioè la rappresentazione dell'informazione attraverso displays uditivi, deve evidentemente fare i conti con una simile specificità temporale del sistema uditivo. Nella letteratura sulla sonificazione è così stato considerato di particolare efficacia l'utilizzo del «tempo per rappresentare il tempo»⁴⁸. In particolare, il riferimento è alla sonificazione di serie temporali, cioè di sequenze di dati (campioni) misurati ad intervalli di tempo regolari: una serie temporale rappresenta il campionamento di una quantità associata ad un fenomeno che si sviluppa nel tempo (ad esempio: andamento dei mercati azionari, caduta della pioggia, elettro-cardiogrammi, ma anche uno stesso segnale audio digitale). La pervasività delle serie temporali è ben visibile nell'analisi dei grafici pubblicati: il 75% di essi sono infatti serie temporali⁴⁹. La visualizzazione di una serie temporale demolisce radicalmente l'aspetto di cogenza evenemenziale della temporalità: infatti, nella percezione del grafico, l'occhio tende a scandire l'immagine ad una sua specifica velocità, mentre in una sonificazione il suono è vincolato alla temporalità iscritta nel dispositivo di sintesi, che rispetta il dispiegarsi originale del fenomeno campionato⁵⁰ (Pauletto, Hunt 2005, p. 1). Per ritornare allora a quanto osservato in relazione a Lâennec, serie temporali attraversano evidentemente tutto l'ambito medico diagnostico, nel caso in cui si tratti di monitorare il funzionamento del corpo nel tempo. Non a caso, metodologie di sonificazione dell'informazione sono state sperimentate abbondantemente nell'analisi della funzionalità corporea nel tempo: elettroencefalografia⁵¹, elettromiografia⁵², elettrocardiografia⁵³. Vale la pena

⁴⁶ Albert Bregman, *Auditory Scene Analysis. The Perceptual Organization of Sound*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1990.

⁴⁷ Stephen Handel, *Listening: an introduction to the perception of auditory events*, Cambridge Mass.), The MIT Press, 1989.

⁴⁸ John H. Flowers, discutendo di «some things that work» nella sonificazione, dedica un paragrafo al tema «using time to represent time», «Thirteen years of reflection on auditory graphing: Promises, pitfalls, and potential new directions», *Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD2005) - First Symposium on Auditory Graphs*, Limerick, 2005; Gregory Kramer (et al.), «Sonification Report: Status of the Field and Research Agenda».

⁴⁹ Tufte, *The Visual Display of Quantitative Information*, op. cit., p. 28.

⁵⁰ Sandra Pauletto e Andy Hunt, «A comparison of audio and visual analysis of complex time-series data sets», *Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD 2005)*, Limerick, 2005.

⁵¹ Ad esempio, Gerold Baier e Thomas Hermann, «The Sonification of Rhythms in Human Electroencephalogram», *Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD 2004)*, Sidney, 2004, pp. 6-9.

di discutere un esempio da quest'ultimo ambito di applicazione, così da poter ritornare infine sul problema dell'auscultazione mediata, poiché in entrambi i casi si ha a che fare con il problema del suono del corpo (e esattamente del cuore) come segno diagnostico. Ne consegue la possibilità di un confronto interessante.

Un elettrocardiogramma registra l'attività elettrica del cuore in termini di differenze di potenziale. La curva risultante è un segnale monodimensionale, ovvero la variazione di un'unica dimensione (la differenza di potenziale) lungo il tempo. Il tracciato presenta un insieme di tratti tipici, dette « onde », ed in particolare un insieme di picchi denominati « R », agevolmente riconoscibili (e che tra l'altro costituiscono il tratto stereotipico dell'elettrocardiogramma nella cultura popolare).

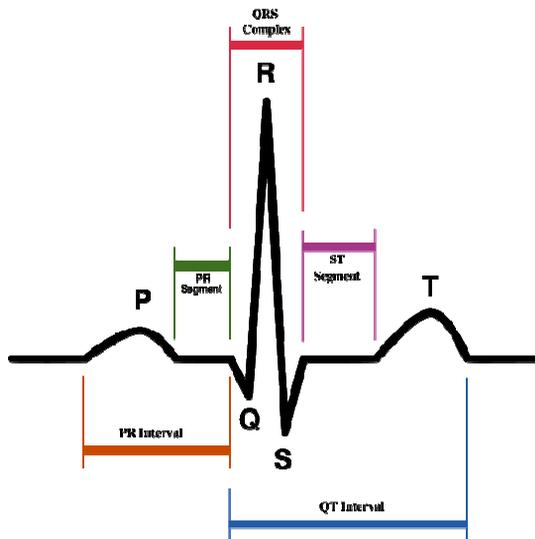


Figura 2. Schematizzazione di un tracciato ECG⁵⁴

La dimensione considerata più utile a livello medico è la Heart Rate Variability (HRV), la variabilità dell'intervallo RR, che indica cioè la durata che separa due picchi successivi. La HRV viene misurata a partire dall'elettrocardiogramma, tipicamente in forma automatica. Il segnale elettrico rilevato dall'elettrocardiografo è continuo. L'analisi automatica della variabilità dell'intervallo RR richiede una digitalizzazione del segnale elettrico, realizzabile attraverso un dispositivo specifico, il monitor di Holter,

⁵² Sandra Pauletto e Andy Hunt, *Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD 2006)*, London, 2004.

⁵³ Cfr. *infra*.

⁵⁴ <http://it.wikipedia.org/wiki/Immagine:SinusRhythmLabels.svg>

che campiona a intervalli regolari il segnale elettrico: ne risulta evidentemente una serie temporale, cioè un insieme di dati che rappresentano valori discreti del segnale di partenza prelevati in un numero discreto di istanti. Il calcolatore identifica eventuali dati spuri (causati ad esempio dalla presenza di rumore nel segnale), calcola gli intervalli tra coppie di picchi successivi ed elabora ulteriormente i dati ottenuti filtrando altre informazioni irrilevanti. Ne risulta un nuovo segnale, detto « NN », che rappresenta la variabilità della frequenza cardiaca: questo segnale è una sequenza di valori che rappresentano intervalli di tempo tra i picchi (e non più tensioni elettriche). Dunque è una serie temporale, ma il tempo è espresso in termini di un ordinamento di intervalli tra coppie di picchi successivi (se ci sono n picchi in una serie, ci saranno $n-1$ coppie di picchi e dunque $n-1$ intervalli). Il processo è rappresentato in Figura 3.

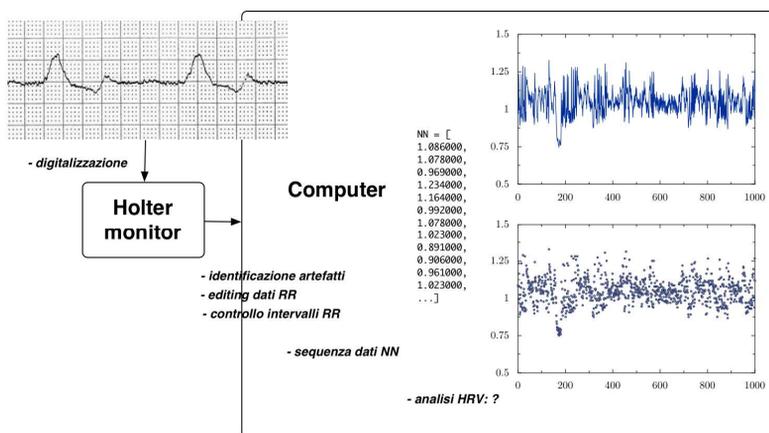


Figura 3. Digitalizzazione del segnale elettrico cardiaco e calcolo della serie NN.

Il segnale NN è la fonte principale di informazioni sulla variabilità cardiaca e da esso possono essere derivati altri segnali (ad esempio, una media delle variazioni ogni n intervalli, misure di dispersione, e così via). L'analisi comparata di tutte le serie rilevate è ritenuta diagnosticamente importante, ma l'attività diagnostica è difficile. Infatti, la forma d'onda (ovvero il tracciato grafico risultante) non è particolarmente significativo nell'esprimere le caratteristiche del segnale. Ma soprattutto le relazioni reciproche delle serie temporali parallele sono difficilmente rilevabili. Inoltre la diagnosi deve avvenire sostanzialmente in tempo reale: l'analista deve poter avere una percezione immediata del risultato dell'esame. In effetti, la presenza di più processi paralleli (le diverse serie temporali NN e derivate) sembra rendere praticabile una sonificazione dei dati, che è stata oggetto di

un insieme di studi di Mark Ballora⁵⁵. L'approccio di Ballora (Figura 4) consiste nell'associare ad ogni serie un dispositivo di sintesi sonora (Unità Sintesi), in cui i parametri di generazione del suono dipendano dai dati che compongono la serie: il modello è perciò basato sull'idea di mapping, prevede cioè un insieme di funzioni che correlino i valori dei dati ai parametri di sintesi. I segnali audio risultanti vengono miscelati in uscita (Mixer): dal punto di vista dell'organizzazione del materiale sonoro ne risulta sostanzialmente una composizione a più voci (5 nel caso discusso) in parallelo. A differenza di quanto avviene in una composizione musicale, l'organizzazione soggiacente deve essere ricostruibile, poiché è un elemento analiticamente rilevante dell'impianto diagnostico: ogni dispositivo di sintesi è così opportunamente differenziato timbricamente (si osservino le descrizioni a fianco di ogni segnale audio in figura) e la sua amplificazione è controllabile selettivamente (Amp).

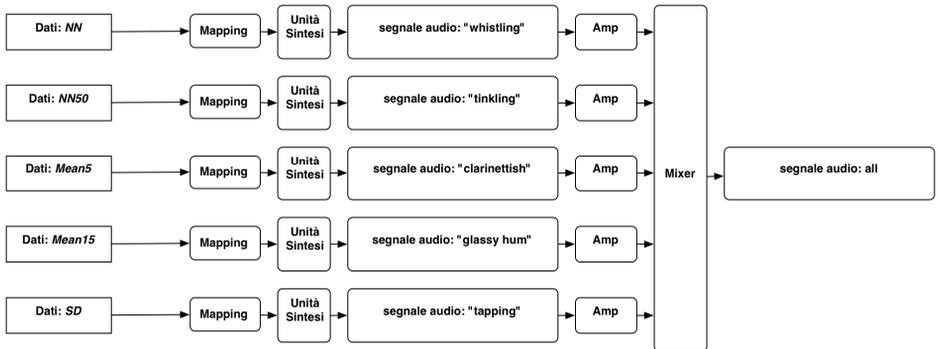


Figura 4. Schema della sonificazione proposta da Ballora

L'analista è così in grado di valutare all'ascolto ogni singolo segnale, ma soprattutto percepisce in termini di relazioni ritmiche e armoniche la risultante di tutti. In generale la performance diagnostica non è mai inferiore all'analisi grafica dei dati, e in alcuni casi (quello della apnea ostruttiva da sonno) decisamente più rapida e accurata.

⁵⁵ A partire dalla tesi di dottorato di Ballora, Mark Ballora, 2002, *Data Analysis through Auditory Display: Applications in Heart Rate Variability*, Ph.D thesis, McGill University, Montréal, 2000. Ad esempio, Mark Ballora Bruce Pennycook, Leon Glass, « Sonification of Heart Rate Variability Data », *Proceedings of the International Conference on Auditory Display* (<http://www.icad.org/websiteV2.0/Conferences/ICAD2000/ICAD2000.html>), Atlanta, 2000 ; Mark Ballora, Bruce Pennycook, Leon Glass, « Audification of herat Rhythms in Csound », in Boulanger (ed.), *The Csound Book*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2000, CD Rom contents, 13.

Ritorno a L  ennec : alcune osservazioni analitiche e epistemologiche

Una diagnostica per sonificazione come quella discussa condivide con l'ascultazione l  ennechiana una procedura di semantizzazione dell'udibile. In entrambi i casi, il testo diagnostico   un testo sonoro : per dirla con Pierre Schaeffer, si tratta dei suoni del corpo in quanto oggetti sonori (la risultante fenomenologica e semiotica di una pratica d'ascolto) correlati, in quanto ad esso riconducibili, ad un corpo sonoro, un corpo produttore.   chiaro che la strategia enunciazionale prevede la correlazione di queste due serie, pena la tenuta stessa del quadro diagnostico. Una simile strategia sembra alludere ad un modo di produzione semiotica necessariamente per impronta, con un termine che Jacques Fontanille ha riportato alla fortuna facendone in qualche misura lo stemma di una semiotica del corpo. Semplificando assai, per Fontanille il corpo si esprime, laddove sia pertinente la sua presenza in termini epistemologici e non solo tematici, tipicamente per impronta : « l'impronta fornisce il principio di pertinenza per una semiotica interessata al corpo »⁵⁶. Per Fontanille diventa possibile, e produttivo, opporre la corporalit  del corpo all'impronta alla meccanicit  formale del dispositivo enunciazionale classico : nell'approccio fontanilliano, quest'ultimo   s  il gioco della casella vuota, senza una mano che ne muova le tessere. Purtuttavia la questione   probabilmente pi  complessa e richiede una ridiscussione dei piani in gioco, secondo due precisazioni. In primo luogo, il primo problema concerne lo statuto dell'« accesso al senso »⁵⁷ a partire dalla percezione.   un punto difficile, ma   evidente che si tratta di dissimilare testi fortemente grammaticalizzati da testi che invece lavorano per ipo/ipercodifica⁵⁸, cio  semplicemente in cui il loro stesso statuto di testi   in continua contrattazione.   la differenza che separa l'investimento sul sonoro come piano espressivo possibile di una semantica nel linguaggio naturale dall'analogo investimento nei testi musicali, in cui non   che non si dia semantica (altrimenti, stante la diffusione delle pratiche latamente musicali, ne conseguirebbe la stranezza di una pratica - antropologicamente pressoch  generale - dell'insensato), ma nei quali la dimensione sensibile diventa luogo di contrattazione dove si rinegozia pi  o meno insistentemente il costituirsi della funzione semiotica, cio  la costituzione stessa del senso. Dunque, una prima distinzione cruciale che una semiotica attenta alla fenomenologia dei testi, e delle pratiche che li costituiscono dovrebbe mutuare, in particolar modo se intende aderire - per cos  dire - ad un somatic turn,   quella, proposta da Goodman, tra autografia e allografia⁵⁹. Assai rapidamente, la distinzione concerne lo statuto di articolazione dei sistemi segnici : un'articolazione esplicita presuppone uno statuto allografico, il cui esempio

⁵⁶ Jacques Fontanille, *Figure del corpo*, op. cit., p. 414.

⁵⁷ Cfr. Pierluigi Basso Fossali, « Interpretazione ed analisi. Perizia e dominio della semiotica », in Claudio Paolucci (ed.), *Studi di semiotica interpretativa*, Milano, Bompiani, 2007, pp. 287-348.

⁵⁸ Cfr. Umberto Eco, *Trattato di semiotica generale*, Milano, Bompiani, 1975.

⁵⁹ Nelson Goodman, *I linguaggi dell'arte*, op. cit.

tipico è per Goodman proprio la notazione musicale tradizionale. Autografia e allografia indicano perciò due modalità di « regime notazionale » dei sistemi segnici. In certa misura, lo statuto allografico coincide con la possibilità di una descrizione formale del sistema. Un alfabeto è esplicitamente allografico, e non a caso è da sempre il simbolo della combinatorietà. Se c'è un peccato teorico originale della semiotica generativa, che si traduce in un residuo linguistico non ancora risolto, è di essersi occupata di testi scritti, la cui allografia ha dissolto il problema dell'accesso al contenuto, impedendo di fatto una tematizzazione di quest'ultima operazione anche di fronte ad altri tipi di testualità, che pure la semiotica generativa ha in seguito affrontato. È evidente che si diano infatti anche testi autografici in cui il primo problema consiste appunto non *nel rilevare un'articolazione esistente a priori* ma *nel tentarne una ricostruzione a posteriori in vista di un possibile contenuto*: secondo l'argomento etimologico, nel regime autografico il principio di articolazione va allora ritrovato nel testo stesso. Enunciazionalmente, un testo autografico attiva immediatamente il problema delle condizioni della sua istanziazione. Si presenta appunto come « testo autografo », in cui diventa pertinente la « gestualità instaurativa »⁶⁰ della mano che autografa.

Un'allografia è invece etimologicamente una « incisione altra »: il sistema segnico sarebbe cioè definito nella sua articolazione dall'esterno, da un altro che ne eccede. È un suggerimento interessante perché pare indicare come la formalizzazione del sistema in regime allografico sia definita extra-testualmente: in effetti, lo statuto allografico di un alfabeto lo rende irrilevante per l'analisi di un testo scritto, come infatti dimostrato dalla mancata tematizzazione di cui si è accennato. Ma il regime segnico, sia esso autografico o allografico, non è invece mai irrilevante nella prospettiva di una semiotica delle pratiche⁶¹, ad esempio di quelle diagnostiche qui discusse. La possibilità di una scienza del corpo sonoro intesa come sapere trasmissibile e condivisibile richiede una « allografizzazione », cioè un processo di formalizzazione che individui un regime notazionale esplicito. Poiché una diagnostica implica una corrispondenza uno a uno tra sintomo e funzionamento, l'allografizzazione investe sia il corpo sonoro che il suono del corpo. Nel primo caso, l'operazione è in carico alla anatomo-fisiologia, che descrive appunto analiticamente un corpo organico come insieme composto di parti in relazione (tanto da essere stigmatizzata nell'introduzione dell'hegeliana *Fenomenologia dello spirito*). Nel secondo caso è la fonofissazione che storicamente assicura uno statuto allografico, non tanto in termini di formalizzazione del sistema quanto di replicabilità infinita delle occorrenze. Un regime notazionale allografico è appunto ciò che manca a Lænnec per trasformare la sua auscultazione mediata in un sapere scientifico.

⁶⁰ Pierluigi Basso (Fossali), *Confini del cinema. Strategie estetiche e ricerca semiotica*, Torino, Lindau, 2003, p. 351, nota 119.

⁶¹ Cfr. in generale Pierluigi Basso Fossali (ed.), « Testo, pratiche, immanenza » *Semiotiche* 4/06.

A nulla vale l'attività neologistica del fisiologo francese al di fuori dell'ospedale parigino in cui lavora e in cui può utilizzare strumentalmente gli stessi pazienti come generatori di esempi sonori. Al contrario la sonificazione, nell'esempio discusso, non solo può assumere tranquillamente la fonofissazione come sfondo tecnologico, ma in più risulta strettamente legata ad una prospettiva digitale. Il riferimento non è casuale, perché un segnale audio digitale ha uno statuto strettamente allo grafico: è infatti costituito da un insieme finito di valori finiti. Stanti gli stessi dati in entrata, lo stesso segnale audio potrà essere generato per un numero infinito di volte.

Un'altra questione interessante pone il problema dello statuto della percezione del corpo sonoro. Nell'auscultazione läennechiana questa è sempre in presenza: è sul suono del cuore che si costituisce il testo diagnostico per il tramite dell'amplificazione introdotta dallo stetoscopio. Tradizionalmente (da Galeno in poi), la medicina può così impiegare una terminologia musicale per descrivere il ritmo cardiaco. Al contrario l'elettrocardiogramma elimina il suono in favore del potenziale elettrico: il cuore non suona più per la diagnosi ed il sensibile è radicalmente evacuato. Ma a questo débrayage rispetto al soggetto somatico fa da contraltare simmetrico la sonificazione, in cui, attraverso un displaying udibile, si assiste ad un réembrayage sul soggetto della percezione, che riconduce alla presenza diagnostica del sensibile, certo attraverso un paesaggio sonoro differente da quello dell'ascolto diretto del muscolo cardiaco. Questo passaggio dal battito cardiaco al segnale di sonificazione avviene attraverso un percorso complesso che si è qui cercato di discutere perché semioticamente rilevante rispetto al problema dello statuto del sensibile nella costituzione della testualità. Per concludere, è allora possibile introdurre una seconda precisazione rispetto alla proposta fontanilliana di una semiotica dell'impronta, oltre a quella relativa ad una teoria del regime notazionale. Una semiotica dell'impronta è infatti certo possibile, ma essa va inserita nel quadro più generale di una teoria dei modi di produzione segnica, secondo ad esempio una tipologia già proposta da Eco⁶²: in essa l'impronta trova una sua definizione contrastiva in relazione a ostensione, replica, invenzione⁶³.

Nel momento in cui Lænnec inizia a studiare il suono corporeo si trova di fronte ad un regime notazionale autografico, poiché nessuna pratica scientifica ha costituito un sistema allografico di segni, per così dire, « fonosomatici » (almeno rispetto alle proposte fisiologiche di Lænnec). Ogni testo corporeo è allora autografico, fa storia a sé come impronta di quel corpo di cui è traccia: la percezione è presente appunto come auscultazione, ad esempio, del battito cardiaco. Il mancato passaggio allografico di cui si è discusso limita la trasmissione del sapere elaborato da Lænnec agli allievi che frequentano il suo ospedale. L'ospedale parigino, attraverso la grande

⁶² Umberto Eco, *Trattato di semiotica generale*, op. cit.

⁶³ Per una discussione sulla teoria dei modi di produzione segnica cfr. Andrea Valle, « Cortocircuiti: modi di produzione segnica e teoria dell'enunciazione », in Claudio Paolucci (ed.), *Studi di semiotica interpretativa*, op. cit., pp. 349-424.

quantità di pazienti che vi sono ricoverati, fornisce a L  ennec una messe di esempi possibili attraverso i quali replicare didatticamente per ostensione il suono diagnostico. Il regime resta ancorato all'autografia di ognuno dei corpi dei pazienti convocati, ma la logica ostensiva dell'esempio fa dell'oggetto sonoro esibito (la percezione in presenza    evidentemente ancora un requisito) l'occorrenza di un tipo possibile. Al contrario, nell'analisi HRV il segnale digitalizzato    radicalmente allografico in quanto a regime notazionale : il modo di produzione attivato    dunque la replica di unit   combinatorie, che, come in una scrittura alfabetica, evacua radicalmente la percezione. Ma la sonificazione dei dati, pur non alterando lo statuto allografico, giacch   i segnali audio risultanti sono perfettamente replicabili, riconvoca perch   la percezione come componente pertinente nell'accesso al senso. I risultati sono riassumibili come segue.

	<i>Regime notazionale</i>	<i>Modo di produzione semiotica</i>	<i>Statuto della percezione</i>
L��ennec : invenzione	autografia	impronta	presente (battito cardiaco)
L��ennec : trasmissione	autografia	ostensione	Presente (battito cardiaco come occorrenza)
Analisi HRV	allografia	replica	assente
Ballora : sonificazione	allografia	replica	presente

Conclusioni : l'auscultazione si media in molti modi

Da L  ennec all'esempio di sonificazione di Ballora, la necessit   di uno studio del modo in cui la dimensione sensibile contribuisce alla costituzione del senso, anche nel discorso scientifico, pare acclarata, proprio in stretta relazione con quella teoria dell'iscrizione che, in maniera a tratti larvata rispetto ad una simile definizione, Latour ha elaborato. La generalit   dell'approccio latouriano, che pure ogni tanto cede, come notato, al misconoscimento di un'«ottica senz'occhi», emerge nettamente dalla ricchezza delle prospettive disvelate. La scelta del dominio udibile come punto di fuga dell'indagine non    stata accessoria : nel confronto quantomeno con il visibile, esso permette di riarticolare un insieme di problemi che non potrebbero emergere in assenza. Una semiotica del corpo, attenta al sensibile, richiede allora un'investigazione complessiva di tutte le fenomenologie sensibili, a partire da saperi che la semiotica non pu   ignorare, ma che deve piuttosto metabolizzare nel suo quadro teorico. Una semiotica del corpo    una semiotica dell'impronta ? S  , poich   il quadro teorico fontanilliano dischiude

evidentemente in termini epistemologici, metodologici e analitici una prospettiva iscrittiva che apre ad una diversità non mascherabile nei termini di una semiotica della iscrizione alfabetica (quale proposto da una teoria classica). Una semiotica del corpo è una semiotica dell'impronta? No, nel momento in cui, di sfondo, è necessario ripensare al problema dei molteplici regimi di questa iscrizione (allografico/autografico) : in più ad essere in gioco non è solo il modo dell'impronta ma tutta la ricchezza di determinazioni proposta da una tipologia dei modi di produzione, in cui l'impronta stessa trova una sua collocazione. La tabella su cui si è chiuso il paragrafo precedente pare dimostrare una scarsa correlazione tra i valori dei parametri in gioco : è un segno positivo perché indica che si tratta di dimensioni autonome. Dimostra appunto la complessità offerta dalla mediazione semiotica della percezione rispetto al costituirsi del senso.

Le « réalisme » paradoxal de l'imagerie scientifique

Jacques FONTANILLE
Université de Limoges
Institut Universitaire de France

Introduction

L'imagerie scientifique pose quelques problèmes redoutables à la sémiotique visuelle, planaire ou « de l'image ». Pour commencer, aux échelles où elle opère, et selon les types de visualisation adoptés, la convergence entre l'impression iconique et l'impression référentielle est convertie au moins en tensions et compétition, si ce n'est en contradiction. Ensuite, le noyau de l'acte d'énonciation vise à l'assertion d'une présence, et cela non pas à travers un acte déictique de monstration, mais grâce à une séquence canonique d'« exploration », comprenant : *excitation, signal-réponse, transduction, et visualisation*.

La structure d'expérience¹ de l'imagerie scientifique est plus complexe que celle de l'image représentative classique ; elle comprend notamment une instance d'expérience scientifique et une instance pratique qui ne sont apparemment pas requises pour cette dernière. Mais si l'on postule que cette structure plus complexe est généralisable, comme forme canonique de l'« expérience sémiotique », alors toutes les autres structures d'expérience, et notamment tous les types de « réalisme » (réalisme scientifique, réalisme représentationnel, réalisme pratique, réalisme

¹ La « structure d'expérience » associée à une sémiotique-objet (ici : une image) est une analyse des différentes composantes opérationnelles de son interprétation. Dès lors que cette dernière est considérée comme une pratique, en l'occurrence une *pratique interprétative*, elle est analysable au moins de deux points de vue ; (i) en tant que *scène pratique objective*, elle composée de plusieurs *instances* actantielles, et (ii) en tant que *vécu subjectif* de l'instance actantielle principale, l'opérateur, elle est composée de plusieurs *expériences*. La structure d'expérience permet notamment de caractériser le *genre* de la pratique, ainsi que le *régime de croyance* sous lequel elle opère. Elle sera ici convoquée principalement pour caractériser les différents avatars du « réalisme » de l'image.

mythique) peuvent être construits comme des réductions et des distorsions de cette structure canonique.

L'imagerie scientifique apparaît de ce point de vue comme un « laboratoire » sémiotique pour la description des *régimes de croyance* de l'image.

Elle oppose en effet à l'analyse l'opacité du *modus operandi* de la production visuelle, qui, dans l'image « représentationnelle », semble au contraire transparent, c'est-à-dire substantiellement isotope avec ce qui est donné à voir dans l'image. Cette relation isotope permet notamment une accommodation immédiate entre d'une part l'expérience visuelle-interprétative et d'autre part l'expérience productive-persuasive.

En cas d'opacité, dont l'imagerie fournit un exemple particulièrement résistant, mais dont elle n'a pas l'exclusivité, l'accommodation entre les deux expériences fait problème, dans la mesure où la phase de *visualisation* (qui se donne à interpréter) et les phases d'*excitation-transduction* (qui constituent le *modus operandi* de la production) participent de substances sémiotiques différentes. Plus précisément, entre l'expérience visuelle procurée par ces images et l'expérience productive, la chaîne technologique comprend au moins une conversion entre au moins deux substances.

Ces images peuvent même être considérées comme irréelles, sans aucun rapport avec l'expérience visuelle du monde sensible, alors que pourtant, leur rapport avec le référent mondain est parfaitement attesté ; et de fait, si aucun référent mondain ne leur était assignable, elles perdraient toute valeur d'un point de vue scientifique. Si l'interprétation de l'imagerie scientifique ne consiste pas à s'accommoder avec une expérience de production de l'image, c'est parce que cette dernière ne comporte aucune substance visuelle comparable à celle du monde sensible.

Pour donner un aperçu de la difficulté, on peut examiner une image IRM : elle propose des systèmes semi-symboliques, mais leur valeur iconique ne correspond à aucune expérience visuelle directe ; inversement, leur valeur référentielle ne découle pas de la reconnaissance iconique, mais d'une chaîne d'inférences scientifiques parallèles ; quand à l'impression référentielle interne, elle est produite par synthèse complémentaire. L'iconicité et la référence étant ainsi dissociées, l'image IRM ne peut pas « représenter » un segment de réalité ; elle peut tout au plus en noter et localiser les contrastes.

L'image IRM traduit visuellement des propriétés de nature



moléculaire, sans rapport avec une substance visuelle quelconque : par exemple, dans l'image ci-contre, les couleurs ne sont que des notations visuelles pour des différences d'activation neuronale. En phase de transduction, quelques voies cérébrales, actives dans un état cognitif donné, sont sélectionnées, et on affecte des valeurs chromatiques spécifiques à chaque niveau d'activation électrochimique. Les formes

nettes et identifiables, de même que les couleurs, ne sont donc que des notations plastiques de propriétés électrochimiques.

Néanmoins, ce dont l'image rend compte n'est pas entièrement étranger à notre expérience, puisque les états mentaux correspondants sont, consciemment ou non, des « vécus d'expérience » ; mais le parcours de transduction physiologico-technologique, qui sépare ces vécus de leur visualisation dans l'image, est suffisamment long et complexe, et ponctué de conversions entre substances différentes, pour interdire tout effet de « représentation », même indirecte, de ces vécus.

En somme, les systèmes semi-symboliques ne sont ni plus ni moins arbitraires que dans la plupart des autres images, mais leur caractère arbitraire et conventionnel apparaît immédiatement, en raison de la complexité et de l'hétérogénéité substantielle du parcours de transduction : c'est en cela que l'on parlerait d'« opacité du *modus operandi* ». Comme la relation entre la reconnaissance iconique et l'impression référentielle est suspendue, une autre relation est établie, entre la reconnaissance iconique et l'état d'un système physique, grâce à la médiation du dispositif technique et de ses conditions et paramètres propres.

Exploration, iconisation² et référentialisation³

EXPLORATION = EXCITATION, SIGNAL-REPOSE, TRANSDUCTION ET VISUALISATION

Les différents systèmes d'imagerie exploitent plusieurs types de signaux-sources : rayons X, radioactivité et rayons gamma, ultrasons, résonance magnétique, amplification du rayonnement photonique, etc. Les images scientifiques peuvent être produites aussi bien par (i) des signaux de type visuel (rayonnements divers, photons), que par (ii) des signaux non visuels (gamma, ultrasons, magnétisme, électrons).

L'imagerie scientifique nous contraint par conséquent à élargir le principe de base selon lequel l'image participerait d'une sémiotique du « visible » à deux titres : (i) d'une part en raison du canal sensoriel qui exploite le plan de l'expression, et (ii) d'autre part en raison de la nature substantielle de l'actant d'énonciation : la lumière. La seconde clause est ici remise en question, puisque l'exploration « photonique » n'est qu'un cas particulier de l'exploration en général.

L'acte d'énonciation étant posé comme une *exploration*, la phase 1 de cet acte consiste en une *excitation* de l'entité à explorer. La phase 2 est celle de la *réponse* et de la production d'un *signal*. La phase 3 est celle de la *transduction*. La phase 4 est celle de la *visualisation*.

L'exploration photonique n'est donc qu'un cas particulier d'excitation, mais c'est celui sur lequel repose notre expérience sensorielle quotidienne, organisée à partir de l'action de la lumière dans le monde naturel ; c'est aussi

² *Iconisation* est ici compris comme « processus de stabilisation qui permet de reconnaître une forme ».

³ *Référentialisation* sera défini comme « processus de présentification et de localisation dans un champ de présence ».

celui qui fonde implicitement la sémiotique dite « visuelle », en ce sens que le mode d'excitation et le mode de réception y sont considérés comme substantiellement homogènes : une excitation photonique d'un côté, une réception visuelle de l'autre, et le rayonnement lumineux entre les deux. Certes, un code culturel s'impose entre la réception et l'interprétation, mais il n'affecte pas la « naturalité » de l'exploration, les deux instances, d'excitation et de visualisation, étant substantiellement isotopes. C'est aussi cette homogénéité substantielle qui favorise la solidarité entre iconisation et référentialisation, et leur renforcement réciproque au profit de la « foi perceptive ».

L'imagerie scientifique exploite d'autres modes d'excitation, et, en raison de leur hétérogénéité avec la réception visuelle, elle doit mettre en œuvre de complexes processus de transduction visuelle. Elle implique donc trois moments de codage différents : (i) un premier codage substantiel, celui de la réponse et de la formation d'un signal à partir du mode d'excitation, (ii) un deuxième codage, celui de la transduction du signal, entre la réponse à l'excitation et la visualisation, et (iii) un codage culturel ultérieur, qui définit les propriétés plastiques et éidétiques de la visualisation, et guide l'interprétation.

L'exploration par imagerie modifie donc deux fois le régime de croyance visuelle : une fois en raison de la *dissociation tensive entre iconicité et référence*, et une autre fois en raison de l'*hétérogénéité substantielle entre excitation et visualisation*. Et plus le processus de transduction est complexe, plus la croyance dans l'imagerie scientifique s'éloigne de la croyance qui a cours dans les autres types d'images.

Où l'iconisation et la référentialisation se combattent ou s'ignorent

LA PHOTOGRAPHIE AUX RAYONS X



Radiographie faciale

L'objectif de ce type d'image est d'indiquer et prouver la « présence » de telle ou telle partie à l'intérieur du corps examiné : elle « argumente » en « présentifiant ». L'effet de présence (impression référentielle) est obtenu au détriment de l'impression iconique, qui est ici réduite à la manifestation de structures « en aplat » et incolores.

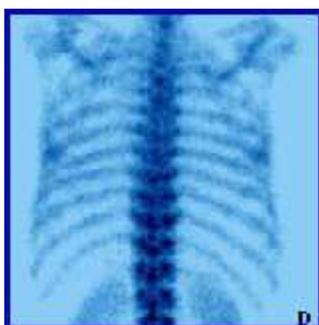
Tomodensitométrie par scanner



Scanner des poumons

L'exploration procède par « coupe » dans le volume d'un corps, et c'est cette section qui est ensuite synthétisée comme image. La synthèse d'une série de sections visuelles permet de reconstituer la présence en relief et en volume de l'objet. La reconnaissance iconique est alors complétée par une pseudo-impression référentielle (la représentation en 3D), obtenue par compensation électronique.

Scintigraphie



Scintigraphie du thorax

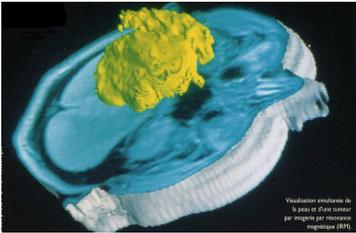
Ce procédé consiste en une injection d'un produit radioactif qui se fixe de manière passagère et spécifique sur des « cibles » prédéterminées. Le signal de sortie résulte de la mesure des signaux radioactifs émis : au-dessus d'un certain seuil du signal, on considère que la présence de la cible est attestée ; ce signal de sortie est ensuite « traduit » visuellement sous la forme d'une « cartographie » des cibles de fixation de la radioactivité.

Ce type d'imagerie ne vise aucune reconnaissance iconique, ne reconstitue pas de formes, mais atteste de la présence localisée de « cibles » spécifiques. L'image obtenue a donc le même statut sémiotique qu'une « carte » géographique : la visualisation consiste à situer, dans une table de localisation paramétrée, des cibles qui, une fois localisées les unes par rapport aux autres, forment une topographie ; il s'agit donc d'une modalité particulière de la présentification. La présence des cibles et leur localisation étant décidées en fonction du seuil minimal affecté au signal radioactif, elle a donc en outre un statut physique sans corrélat visuel, c'est le dispositif technique de transduction sémiotique qui la convertit en présence visuelle.

L'impression référentielle est, en ce sens, obtenue au détriment de la reconnaissance iconique, au profit d'une croyance référentielle, la croyance en une présence plausible car mesurable (le calcul sous-jacent et automatisé fonde, par raccourci modal, la croyance). La transduction visuelle a donc là aussi une fonction purement argumentative : c'est une incitation éventuelle à agir, à intervenir, à tenter d'éliminer ces cibles, si elles sont supposées indésirables. On peut donc visualiser efficacement, et raffermir le lien référentiel, sans pour autant passer par la reconnaissance iconique : ce n'est pas une découverte, puisque la cartographie repose sur ce même principe.

Imagerie par résonance magnétique

Le fonctionnement du système repose sur le fait que les corps vivants sont composés à 80% d'eau, et donc d'atomes d'hydrogènes, qui ne comportent qu'un seul proton, sur lequel on peut agir spécifiquement grâce à un champ magnétique. Un aimant oriente les atomes d'hydrogène selon un axe donné, stabilisé pour la durée de l'examen (il modifie, oriente et homogénéise le « spin » des protons) ; une antenne radio de courte fréquence modifie ponctuellement (c'est le temps dit d'*excitation*) l'orientation des protons qui a été homogénéisée et stabilisée préalablement par l'aimantation ; après excitation, les protons reprennent leur orientation stable initiale (c'est le



Peau et tumeur, IRM

temps dit de relaxation, ou , dans nos propres termes, de *signal-réponse*) : ce retour à la position initiale dégage une énergie de relaxation, captée par une autre antenne, et mesurée : c'est le signal de sortie de l'IRM. L'ensemble des signaux obtenus est traité par ordinateur pour produire des informations à volonté, mais chaque séquence d'excitation / relaxation ne procure qu'une section

transversale de dimension atomique.

L'information procurée est celle de la « densité d'hydrogène » (par l'intermédiaire de des différences d'intensité de l'énergie de relaxation, distribuées dans le plan de coupe) ; la densité d'hydrogène est donc convertie, en phase de visualisation, en densités variables de plages claires et sombres, voire en contrastes chromatiques, mais dont l'iconisation est entièrement indépendante de l'éventuelle impression référentielle (cf. supra).

En effet, tout comme pour les techniques à rayons X, un champ de présence et de profondeur peut être parallèlement, et selon les besoins, reconstitué par synthèse informatique.

Dans l'exemple ci-contre, la phase de visualisation comporte en ce sens : (i) une sélection qui permet de mettre en évidence un « fond », une section optique de peau, et une « figure », une tumeur en relief ; la sélection élimine toutes les substances qui environnent la tumeur, et qui semble ainsi « flotter » dans le vide ; (ii) une colorisation qui accentue le contraste entre le « fond » et la « figure ».

Echographie

Cette technique repose sur le principe de l' « écho » sonore, mais avec des ultrasons, de très courte fréquence. Une sonde émet des ultrasons, et reçoit leur écho transformé ; l'ordinateur analyse les transformations et calcule la forme des obstacles ; une image de synthèse est projetée sur écran en temps réel.



Il s'agit seulement d'identifier la présence des parties d'un corps, d'un organe ou d'un fœtus, de repérer des anomalies ou des formes indésirables. Dans ce cas, l'impression iconique et l'illusion référentielle vont de pair, et elles peuvent donc être soit également imparfaites, soit également très élaborées, selon la sophistication du dispositif de transduction.

Microscopie optique



Algue verte

Microscope optique

La principale difficulté liée à ce type d'imagerie est la limite imposée à la profondeur de champ, c'est-à-dire le segment de profondeur où, pour un grossissement donné, il est possible d'obtenir une image nette : plus le grossissement est fort, plus la profondeur de champ est réduite. Cette limite de résolution qui dépend de la technique d'excitation utilisée : les plus petits détails ne peuvent être de taille inférieure à la moitié de la longueur d'onde d'éclairement, qui elle-même est déterminée par la taille et la longueur d'onde du type de particule utilisée pour l'excitation.

Par conséquent, la limitation de la profondeur de champ est le prix à payer pour le grossissement ; le grossissement étant un instrument de la reconnaissance iconique (il permet d'identifier des formes), et la profondeur de champ étant, tout comme tous les procédés 3D, un des facteurs de l'impression référentielle, la microscopie est donc un cas typique de tension inverse entre l'identification iconique et l'illusion référentielle.

L'évolution des techniques de la microscopie est motivée par la résolution de cette tension, la « réconciliation » entre la reconnaissance iconique (par grossissement) et l'illusion référentielle (par effet 3D). Par exemple, la microscopie confocale consiste d'abord à augmenter la reconnaissance iconique par un grossissement qui annule pratiquement la profondeur de champ, de sorte que la focalisation laser permet d'optimiser le grossissement sans se préoccuper de la profondeur de résolution (qui est quasi nanométrique), et, ensuite, la synthèse de sections optiques reconstitue une profondeur de champ indépendamment des contraintes imposées par le grossissement.

De telles images semblent appartenir au monde de l'expérience quotidienne, mais au prix d'une double illusion (illusion iconique par grossissement + illusion référentielle par effet 3D reconstitué). La «réconciliation» est, de fait, une autonomisation radicale des deux impressions sémiotiques.

Microscope à effet de tunnel

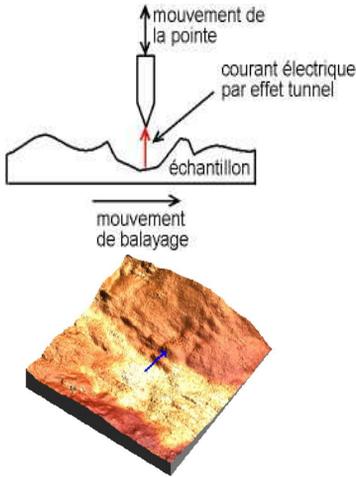


Image STM de matériau
400 μ m x 400 μ m.

Ce type de microscope est dit « en champ proche », ce qui signifie que le mode d'excitation est un quasi-contact, une sorte d'équivalent nanométrique de la palpation tactile : une micro (ou nano)-pointe (le palpeur) suit la surface de l'objet à une distance de quelques dixièmes de nanomètres. Toutefois, à dimension nanométrique, un « contact » n'est évidemment pas un contact, puisque la matière est alors composée de vide et de forces, et par conséquent le contact nanométrique ne peut être qu'une distance minimale mesurable.

Cette « distance » elle-même doit être reconsidérée à la lumière de la mécanique quantique, où la distinction entre matière et l'énergie est affaire de

point de vue ; cette « distance » entre objets nanométriques est de fait un quantum d'énergie, et la distance constante n'est qu'une valeur constante d'énergie, propre à l'interface entre la pointe et l'objet en contact. C'est l'« effet tunnel », qui, entre la structure atomique de l'objet et le palpeur, produit un courant électrique quantique.

Ce dernier type d'exploration confirme l'hypothèse selon laquelle, même si le plan d'expression terminal (du côté de la réception) est de type visuel, l'instance *ab quo* est un acte d'« excitation » (en surface ou en profondeur) de l'objet à explorer, et que le vecteur de tout le processus est toujours une certaine forme d'énergie.

Le rapport entre iconicité et référence est ici à la limite de toute croyance, puisque l'image nous propose des contours d'objet dont nous savons qu'ils ne sont que des profils d'énergie. L'image « tangible » des éléments matériels qui nous est proposée est, de fait, une image de choses qui n'existent pas.

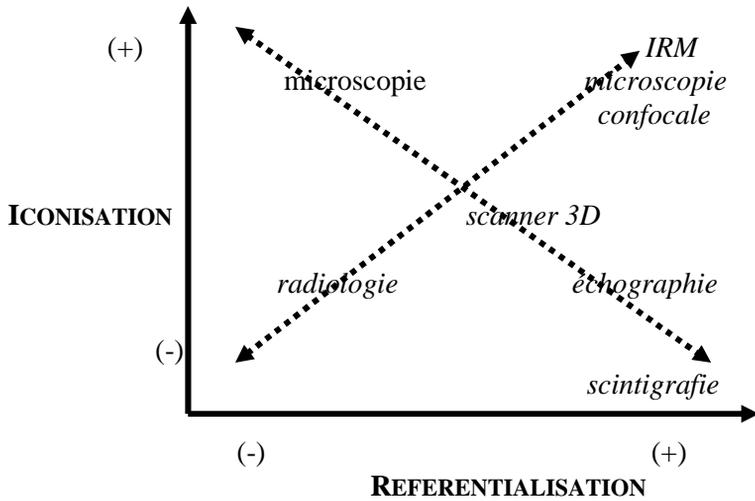
Les tensions entre iconisation et référentialisation

Pour tous les types d'imagerie, iconisation et référentialisation entrent en compétition, se dissocient l'une de l'autre, négocient des compromis, où se réconcilient au prix d'artifices technologiques secondaires. Ces tensions ne sont pas propres à l'imagerie scientifique, et l'histoire de la peinture et de la photographie pullule d'expériences de même nature. Mais à la différence de tous les autres types d'images, celles de l'imagerie scientifique fragilisent le lien entre iconisation et référentialisation, sans aucune visée esthétique, critique ou théorique. Tout au contraire, de telles images sont destinées à affermir des croyances, et à évoquer des réalités matérielles de la manière la plus fiable possible.

L'imagerie scientifique résout donc ces tensions et contradictions à sa manière, et propose un régime de croyance spécifique. Elle assume en quelque sorte la dissociation de principe entre les deux processus sémiotiques, et elle les traite, de fait, séparément. Le « rendu réaliste » des images en question ne résulte pas d'une solidarité retrouvée entre ces deux dimensions, mais d'un traitement entièrement distinct et parallèle de l'une et de l'autre, qui suspend toute solidarité structurelle entre elles. Elles sont à nouveau compatibles, grâce à un surcroît de sophistication technologique, mais dans un univers de croyance qui n'est plus celui de l'expérience visuelle du monde sensible.

Dans l'expérience visuelle du monde sensible, ce lien de « solidarité phénoménale » entre iconisation et référentialisation est assuré par la « foi perceptive » de l'observateur ; dans l'imagerie scientifique du premier type, le lien est rompu et la foi perceptive est déstabilisée ; dans l'imagerie scientifique du second type, ce lien est rétabli par la « machine à transduction », et la tension est à nouveau converse, mais au prix d'une rupture fiduciaire, débouchant sur un autre régime de croyance.

La tension entre les deux processus peut être modélisée par une structure tensive, dont l'une des directions exprime la tension inverse, et l'autre, la tension converse.



Le réalisme mis en crise

L'imagerie scientifique met en crise la conception ordinaire du réalisme visuel, mais elle ne diffère pas en cela de la connaissance scientifique en général : il s'agit, de fait, des relations problématiques entre (i) l'expérience sensible du monde naturel, (ii) l'expérience visuelle procurée par l'image scientifique, et (iii) l'expérience scientifique qui donne accès aux « faits » et aux « réalités » dont témoigne l'image scientifique.

Comme le précise entre autres U. Eco⁴, l'impression iconique procurée par une sémiotique-objet quelconque s'explique par l'équivalence entre l'expérience sensible qu'on peut en faire et celle qu'on pourrait faire, dans des conditions adaptées, de son propre référent ; à quoi A. J. Greimas⁵ et d'autres ajoutent que cette équivalence est en général remplacée ou complétée par des systèmes de correspondances réglées et conventionnelles.

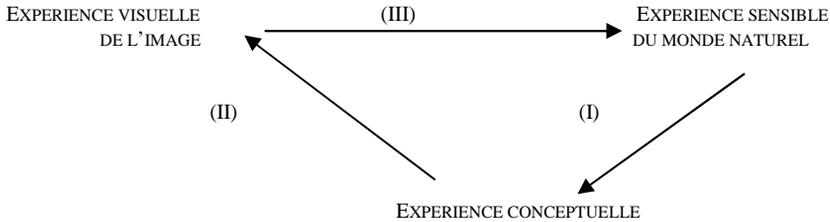
Le dispositif d'interprétation de l'image le plus simple est donc constitué de trois expériences : les deux premières, déjà évoquées, et une troisième, qu'on pourrait qualifier de conceptuelle, qui fait office d'instance de contrôle pour la relation entre les deux premières : entre l'*expérience sensible* et l'*expérience visuelle* de l'image, l'*expérience conceptuelle* fournit les conventions et les usages culturels qui permettent d'accommoder la seconde à la première. De fait, ce contrôle et ce réglage visent à installer une relation d'isotopie entre les deux autres expériences, isotopie interprétative qui, comme on le signalait plus haut, est facilitée par leur homogénéité substantielle.

⁴ Umberto ECO, *Kant et l'ornithorynque*, Paris, Grasset, 1997 [version originale *Kant e l'ornitorinco*, Milan, Bompiani].

⁵ A. J. GREIMAS & J. COURTES, *Dictionnaire raisonné de la théorie du langage, Sémiotique*, Paris, Hachette, 1979, p. 178.

Le « réalisme » paradoxal de l'imagerie scientifique

C'est ainsi que des correspondances peuvent être établies entre les deux premiers types d'expérience, qui fondent la reconnaissance iconique sur l'illusion référentielle, et réciproquement, selon le schéma suivant.



- (I) = formation de l'expérience conceptuelle
- (II) = contribution à la reconnaissance iconique
- (III) = illusion référentielle

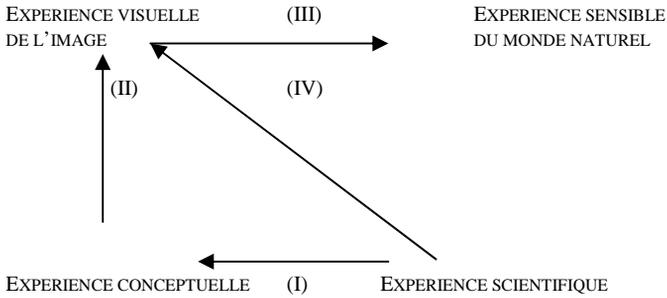
Entre ces trois instances, la transparence substantielle des expériences (l'isotopie), autorise le co-renforcement entre la reconnaissance iconique et l'impression référentielle, et le tout produit le « réalisme » représentationnel de l'image.

LES INSTANCES DU REALISME SCIENTIFIQUE « POSITIVISTE »

Mais dans le cas de l'image scientifique, un quatrième type d'expérience, l'expérience scientifique portant sur l'entité à explorer, vient modifier le réseau des correspondances, et suspend notamment les correspondances continues qui produisent l'effet réaliste ordinaire.

D'un côté, l'expérience scientifique décide du mode d'excitation de l'objet, qui peut ne pas être photonique, et se dissocie alors de l'expérience visuelle ; entre l'expérience visuelle procurée par l'image et l'expérience scientifique portant sur l'objet à explorer, prend place tout le dispositif de « transduction ».

De l'autre, c'est l'expérience scientifique qui fournit à l'expérience conceptuelle les conventions et règles d'interprétation. Ce dispositif spécifique confère à l'expérience conceptuelle un statut très différent : elle n'est plus couplée à l'expérience sensible, et elle ne reçoit donc plus ses contraintes et conventions de la culture ambiante, mais de l'expérience scientifique elle-même.



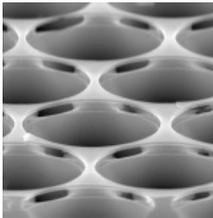
- (I) = formation de l'expérience conceptuelle
- (II) = contribution à la reconnaissance iconique
- (III) = impression référentielle
- (IV) = dispositif de transduction visuelle

Pourtant, l'expérience scientifique ne peut pas être définitivement coupée de l'expérience sensible, faute de quoi l'image scientifique serait, eu égard à notre expérience quotidienne, une pure fiction. Cette structure d'expérience est donc incomplète, et elle se révélera très instable. Elle est cependant caractéristique de ce qu'on pourrait appeler le « réalisme positiviste », dans la mesure où quelle que soit le rapport phénoménal et intuitif que la visualisation scientifique entretient avec le monde sensible, elle est supposée plus « vraie » que lui.

Il n'en reste pas moins que cette structure d'expérience incomplète, dont se suffit le réalisme scientifique « positiviste » peut être trompeuse, et que sa prétendue « vérité » est instable : la seule explication scientifique de ce qui est donné à voir n'atteste en rien la présence d'un objet. Comparons par exemple les quatre images suivantes.



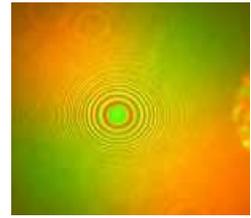
Protéine ADN azurin



Nanostructures



Erreur de compression d'image



*Interférences
Rétroreflexions
sur lentilles*

Seules les trois premières images correspondent à des objets indépendants du dispositif d'exploration. La quatrième est un pur effet dû à l'auto-excitation du dispositif d'exploration visuelle. Mais la troisième, tout en correspondant à un objet indépendant, ne nous en montre rien de significatif, puisque c'est le processus de transduction lui-même (le « codage substantiel », cf. supra) qui, échappant au contrôle technique, produit une image aberrante.

Les images elles-mêmes, leur composition et leurs propriétés plastiques, ne permettent en aucune manière de décider de l'existence d'un objet soumis à une excitation préalable. La première pourrait être la reproduction photographique d'un tableau abstrait, alors qu'il s'agit de l'exploitation d'une image de protéine ADN contenant du cuivre (d'où la couleur « azurin ») ; la seconde pourrait en revanche n'être qu'un dessin élaboré par ordinateur, et pourtant, l'existence de l'objet correspondant est attestée par ailleurs. Quand à la quatrième image, elle pourrait tout aussi bien être interprétée comme une recherche esthétique sur la lumière et l'intensité de la couleur, alors qu'elle n'est qu'un effet parasite du dispositif de visualisation.

La dérive iconique et le réalisme « mythique »

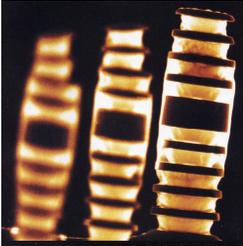
L'exploration visuelle, soumise au dérèglement de la distance et des proportions, invite souvent à des lectures dérivées : les processus d'iconisation étant déstabilisés, ou en voie de stabilisation, la configuration proposée par l'imagerie peut à tout moment « basculer » vers une autre structure d'expérience, qui fait alors obstacle à l'iconisation de type scientifique. Le régime de croyance du réalisme ordinaire, par exemple, fonctionnant en quelque sorte « par défaut », peut alors reprendre le dessus. Le basculement d'un régime à l'autre est l'effet d'une « syncope » dans le circuit des instances de l'expérience, et notamment de celle de l'expérience scientifique.



Galette de silicium et circuits gravés

C'est ainsi, par exemple, qu'une galette de silicium et ses circuits électroniques gravés (ci-contre) peut passer pour une maquette urbaine, ou qu'une cellule vue au microscope à fluorescence se donne à voir comme une portion d'astre en vue rapprochée. Les types iconiques dérivés fonctionnent comme des « attracteurs », des possibilités de stabilisation iconique à moindre coût cognitif. La manifestation visuelle se cherche une

immanence sensible, et la trouve au détriment du contenu scientifique.



Lumière dans l'infiniment petit

Des canons laser pointés vers les étoiles ? Des abat-jour d'un grand designer ? Non, ce n'est pas ça mais... ce n'est pas complètement faux ! Une chose est sûre, ces objets ont un rapport avec la lumière. Ces piliers, qui mesurent quelques centaines de nanomètres à peine, sont en réalité des cages à photons photographiées au microscope électronique à transmission. Les parois de ces microcavités sont réfléchissantes, et lorsque l'on place une source de lumière à l'intérieur, de nouveaux phénomènes optiques apparaissent, permettant de maîtriser le débit et la direction d'émission des photons. À quoi cela sert-il ? Ces microcavités optiques sont un premier pas dans la réalisation des nanolasers qui permettront à l'ordinateur quantique de voir le jour. Elles pourraient aussi révolutionner l'art de crypter des messages : les chercheurs du Laboratoire de photonique et de nanostructures de Marcoussis (CNRS) ont en effet réussi à produire des photons uniques indiscernables, ouvrant la voie à la cryptographie quantique. S.E.

Ce sont très précisément ces tensions et ces tentations qui rendent possible l'exploitation esthétique de la méconnaissance figurative, et qui motivent le discours de vulgarisation portant sur la « beauté » des images scientifiques, et sur leur pouvoir de suggestion.

Sous le titre « Lumière dans l'infiniment petit » (ci-contre), l'image nanométrique des « pièges à photon » est explicitement commentée en ce sens : le texte du commentaire, en effet, avant de mentionner le contenu scientifique de l'image, commence par évoquer une série de « types iconiques » éventuels (canons lasers, abat-jour design, etc.), présentés à la fois comme des interprétations erronées, et comme des métaphores plausibles du contenu à découvrir.

De tels commentaires sont monnaie courante dans les magazines de diffusion scientifique ou dans les ouvrages de vulgarisation, dont la tactique persuasive consiste d'une

part à faciliter le travail de l'iconisation, au prix de l'approximation la plus fantaisiste, et d'autre part à maintenir un lien entre l'expérience des phénomènes et l'expérience scientifique, même si ce lien est factice.

Pourtant, la facticité est ici un facteur de crédibilité : sous-jacente à ces équivalences métaphoriques et à ces approximations phénoménales, en effet, se joue *la croyance dans la continuité du monde physique*.

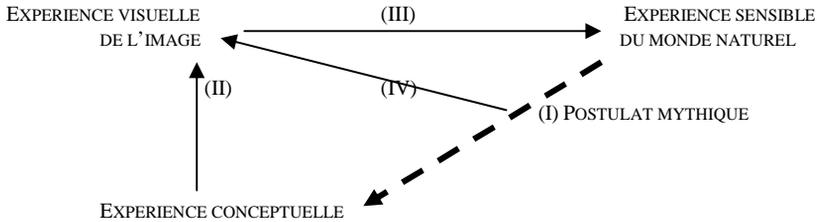
Elle repose, de fait, sur un principe d'équivalence généralisé, sur un schème du sens commun, typique de la production des faits culturels, selon lequel l'existence ou la construction de réseaux d'équivalences donnent consistance à la représentation cohérente d'un même champ cognitif ; selon ce même schème du sens commun, l'interruption d'un réseau d'équivalence signale l'existence d'une frontière entre deux mondes, entre deux représentations cohérentes.

En somme, le discours de vulgarisation est lui aussi à la recherche d'une *isotopie*, mais de plus grande portée, sur laquelle les différentes images du monde subiraient certes des transformations, mais dans les limites d'un monde cohérent.

On ne peut plus considérer cette nouvelle structure d'expérience comme celle du réalisme « représentationnel » quotidien, car elle ajoute une autre clause, celle de l'équivalence généralisée, qui se substitue à la « foi perceptive ». Nous sommes alors dans un autre régime de croyance, celui

Le « réalisme » paradoxal de l'imagerie scientifique

d'un *réalisme mythique* selon lequel toute évocation d'une partie du monde à pour équivalent tout ou partie de ce monde. Il correspondrait à la structure d'expérience suivante :



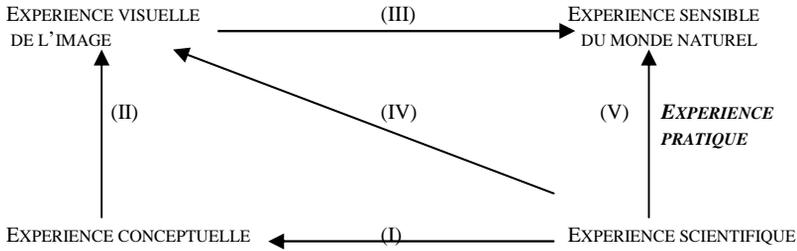
- (I) = formation du principe d'équivalence généralisé
- (II) = contribution à la reconnaissance iconique
- (III) = impression référentielle
- (IV) = dispositif de transduction « mythique »

LE REALISME PRATIQUE

On l'a fait observer : la structure du réalisme scientifique « positiviste » est à la fois incomplète et instable, et peut à tout moment basculer soit vers celle du réalisme quotidien, soit vers celle du réalisme mythique. Cette instabilité est due, dans la structure elle-même, à l'absence de lien entre l'expérience sensible et l'expérience scientifique ; or ce lien existe dans les faits, puisque l'expérience scientifique est supposée déboucher, par la médiation de l'interprétation de ces images, sur une action dans le monde sensible, des modifications des états de la matière, des décisions d'interventions médicales, etc.

Comme la croyance en l'existence de l'objet exploré ne peut, en définitive, être procurée ni par l'image elle-même, ni par son rapport à l'expérience scientifique, elle impose le passage par une cinquième instance, *l'instance pratique* : si l'expérience pratique peut modifier ce que l'image donne à voir, alors ce qu'elle donne à voir est supposé correspondre à un objet existant, doté d'un minimum de « phénoménalité ». Dans tous les cas de figure, c'est l'instance pratique qui « boucle » la structure d'expérience scientifique, qui la crédibilise et qui interdit la commutation avec les régimes de croyance mythique ou quotidien.

Voici le modèle récapitulatif de la structure d'expérience complète nécessaire au fonctionnement de l'imagerie scientifique :



- (I) = formation de l'expérience conceptuelle
- (II) = contribution à la reconnaissance iconique
- (III) = illusion référentielle
- (IV) = dispositif de transduction visuelle
- (V) = interventions dans l'expérience pratique

En rétablissant un lien stable à la fois avec l'expérience scientifique et avec l'expérience conceptuelle, l'expérience pratique détermine la manière dont l'expérience scientifique va définir les contraintes et conventions de l'expérience conceptuelle, et dont l'expérience visuelle pourra guider une action dont les conséquences seront repérables dans le monde naturel.

LA REDUCTION PRATIQUE

LA DOUBLE FONCTION SEMIOTIQUE

Le plan de l'expression et le plan du contenu sont définis à partir de la fonction sémiotique, et sous le contrôle de celle-ci, par la possibilité d'opérer des mutations duelles, entre les deux plans, et qui sont appelées de ce fait *commutations*. Dans le cas de l'imagerie scientifique, des systèmes d'opposition entre plages (plus ou moins) claires et plages (plus ou moins) sombres, entre types de formes, entre tons chromatiques, offrent un premier ensemble de mutations propres à l'expression.

Mais les mutations correspondantes du contenu apparaissent dans deux domaines et non dans un seul : (i) le domaine des propriétés scientifiques proprement dites, et (ii) celui des conventions de construction de l'image (et donc des règles de lecture), qui transposent les propriétés scientifiques en production de formes, en contrastes lumineux et chromatiques, en propriétés spatiales en 3D. Par exemple, dans la lecture d'une image IRM des voies nerveuses du cerveau, les contrastes chromatiques renvoient à la fois à une distribution particulière des substances électrochimiques, et à des états mentaux, de type neurophysiologiques, qui constituent le contenu d'interprétation opératoire de l'image.

On a donc affaire à deux types de commutations parallèles et pourtant fortement associées, mais qui, dans l'usage courant de l'imagerie scientifique, peuvent rester indépendants : (i) d'un côté, une *commutation*

physique, qui repose sur le dispositif de transduction et de conversion du signal, et qui associe l'expérience visuelle à l'expérience scientifique, et (ii) de l'autre, une *commutation herméneutique*, qui permet de construire la signification de l'image, entre le plan de l'expression visuelle et les conventions de représentation, et qui associe l'expérience visuelle à l'expérience conceptuelle.

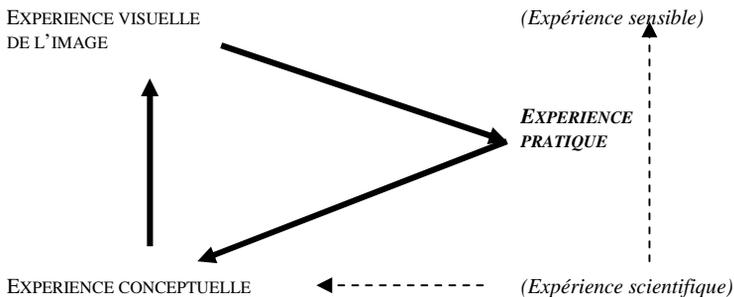
En bref, l'imagerie scientifique croise deux fonctions sémiotiques, et son plan de l'expression renvoie simultanément à deux plans du contenu différents, un *contenu herméneutique* et un *contenu physique*, qui sont eux-mêmes associés entre eux dans un rapport indexical, ou iconique, selon une modalité d'existence.

LA FAMILIARISATION ET LA REDUCTION OPERATOIRE

L'expérience pratique, indispensable pour une lecture immédiate et efficace de l'image scientifique, est le fondement sur lequel reposent les apprentissages, et la *familiarisation* nécessaire pour que les interprétations soient immédiatement opératoires. A cet égard, les deux types de contenus sont associées, voire confondus, par apprentissage et familiarisation.

La synthèse opérée dans l'expérience pratique suspend donc la distinction entre le contenu herméneutique et le contenu scientifique. Cette réduction pratique est nécessaire à l'exploitation opérationnelle de l'imagerie, notamment en considération des pratiques d'intervention sur les objets explorés : par exemple, le médecin obstétricien doit pouvoir disposer immédiatement de la signification des images d'échographie, sans passer par le processus de conversion des ultrasons en signal électronique puis en format visuel : pour pouvoir juger, décider et conseiller la patiente en temps réel, il lui faut accéder directement au contenu herméneutique, et pouvoir lui associer directement un jugement d'existence en rapport avec le contenu scientifique, sans passer par la chaîne des transductions.

Entre les deux fonctions sémiotiques, s'établit par conséquent, dans la sphère pratique, une relation spécifique, une forme de « croyance » que l'on peut décrire comme une syncope dans le circuit des instances de l'expérience. Cette « réduction pratique » prend alors la forme suivante :



La « croyance », en l'occurrence, repose sur la confiance accordée à l'efficience sous-jacente des autres instances, potentialisées par la *réduction pratique* : en effet, si l'on croit au circuit raccourci de l'efficacité pratique, c'est en raison de la confiance fondée sur le circuit complet mais *potentialisé*, dont la présence à l'horizon de l'expérience visuelle garantit en quelque sorte la fiabilité du circuit raccourci. En d'autres termes, la fonction sémiotique herméneutique, sous contrôle de l'instance pratique peut fonctionner seule, à condition de se fonder « en confiance » sur la fonction sémiotique sous-jacente, de type physique ; la réduction pratique implique donc une différenciation et une hiérarchisation des modes d'existence (réalisé vs potentialisé), qui suscite un *régime de croyance* spécifique à ce type d'image.

Conclusion

Le modèle le plus général des structures de l'expérience visuelle est celui qui rassemble les cinq instances canoniques, et il n'y a pas de raison de le restreindre à l'imagerie scientifique. A partir de ce modèle, on peut engendrer par *syncope d'instances* les autres régimes de croyance : celui de la foi perceptive quotidienne, celui de la croyance scientifique positive, celui de la croyance pratique, et celui de la croyance mythique. En somme, cinq types de lecture « réaliste » de l'imagerie scientifique...et peut-être, potentiellement, de toute image

L'essentiel des difficultés opposées par l'imagerie scientifique découle de l'hétérogénéité substantielle entre les phases successives de l'exploration. Cette hétérogénéité ne diffère pas de celle qu'on observe, pour la connaissance scientifique en général, entre l'existence phénoménale d'un objet quelconque, et son existence scientifique. Par exemple, en chaque pierre, au moins deux « pierres » coexistent : celle dont nous faisons l'expérience, solide, pleine, de forme stable, et celle que nous décrit la physique, faite de vide et de forces pour l'essentiel. La première a une existence « phénoménale », et la seconde, une existence « scientifique ».

L'existence scientifique ne présente aucun rapport d'équivalence intuitive avec l'existence phénoménale, c'est-à-dire la manifestation sensible. Ce « rapport d'équivalence intuitive », qui manque ici, a un nom en sémiotique, c'est l'*isotopie* : l'isotopie que l'on peut reconnaître entre les substances sémiotiques. L'existence phénoménale et l'existence scientifique sont *allotropes* et le processus de sémiotisation vise à les rendre *isotopes*.

Pour réduire cette allotopie, dans le domaine des sémiotiques du visible, nous proposons d'impliquer l'isotopie substantielle de l'*énergie*. Pour définir le champ de la sémiotique du visible⁶, nous avons déjà proposé de considérer la lumière comme un actant-énergie, dont les différents états (couleur, matière, éclairage et éclat) dépendent de l'interaction avec les corps

⁶ Jacques FONTANILLE, *Sémiotique du visible. Des mondes de lumière*, Paris, PUF, 1995.

rencontrés. Puis, dans la perspective d'une sémiotique des corps⁷, nous avons distingué deux figures principales, celle de l'enveloppe et celle de la structure matérielle interne, toutes deux étant définies par leur rapport à l'énergie actantielle.

Pour finir, l'énergie doit être elle-même rapprochée de la *manifestation sémiotique*.

En effet, la relation entre les deux modes de l'expérience, phénoménale et scientifique, doit être confrontée à celles qui unissent, en sémiotique, respectivement, la *manifestation* et l'*immanence*. *Immanence* et *manifestation* sont, par définition, isotopes et hétéromorphes : ce sont deux niveaux d'articulation différents (*hétéromorphie*) de la même substance (*isotopie*).

Si l'existence scientifique et l'existence phénoménale sont considérées respectivement comme l'immanence et la manifestation, on bute alors, notamment dans le cas de l'imagerie scientifique, sur le fait qu'elles ne sont pas isotopes, et l'existence phénoménale ne semble pas pouvoir être traitée comme la manifestation directe d'une immanence scientifique.

C'est l'énergie qui procurera l'isotopie manquante : en effet, la seule dimension commune à toutes les phases de l'exploration, et qui perdure dans toutes les conversions, entre le mode d'excitation et le mode de visualisation, c'est celle de l'énergie : énergie propre au corps excité, énergie qui lui procure les moyens de la réponse, énergie de transfert de cette réponse (le signal), et enfin énergie de la transposition lumineuse finale. S'il y a une possible isotopie entre l'immanence scientifique et la manifestation sémiotique, c'est justement en raison de cette énergie transposée mais conservée, et qui conduit de l'immanence à la manifestation.

Cette continuité de l'« énergie » dans le parcours du *modus operandi* de l'image n'est pas une propriété exclusive de l'imagerie scientifique : que ce soit celle de la lumière dans la photographie ou le cinéma, ou celle du geste, de la couleur et de la matière dans la peinture, la manifestation visuelle de l'image est toujours l'aboutissant d'une chaîne de conversion de l'énergie. Dans le cas de l'imagerie scientifique, cette chaîne de conversion est spécifiquement plus longue, plus complexe, et plus sophistiquée d'un point de vue technique, de sorte que, en raison de l'hétérogénéité des substances, elle oppose son opacité à une appréhension phénoménale directe (cf. supra). Cette opacité, qui résulte de la multiplicité des avatars formels de l'énergie tout au long de la chaîne de transduction (énergie physique mesurable de l'excitation, énergie du signal, énergie sensible visuelle), résulte de l'hétéromorphie entre les différents avatars de l'énergie : isotopie et hétéromorphie, nous sommes bien dans le cas d'un rapport entre « immanence » et « manifestation », au sens de Hjelmslev.

⁷ Jacques FONTANILLE, *Séma et soma. Les figures du corps*, Paris, Maisonneuve et Larose, 2004.

Arte Digitale nella Comunicazione Scientifica

Marcella Giulia LORENZI

Laboratorio per la Comunicazione Scientifica, Univ. della Calabria

Mauro FRANCAVIGLIA

*Laboratorio per la Comunicazione Scientifica, Univ. della Calabria
& Dipartimento di Matematica, Univ. di Torino*

“Seeing comes before words. The child looks and recognizes before it can speak. But there is also another sense in which seeing comes before words. It is seeing which establishes our place in the surrounding world ; we explain that world with words, but words can never undo the fact that we are surrounded by it. The relation between what we see and what we know is never settled”. The surrealist painter Magritte commented on this always-present gap between words and seeing in a painting called *The key of dreams*.

Ways of seeing by John Berger (Penguin, 1972)

Introduzione

È possibile, anche se tutt'altro che facile, produrre oggetti multimediali che ad una moderna ed efficace struttura grafica ed audiovisiva – permessa dalle più recenti acquisizioni in tema di Grafica Computerizzata, di Arte Digitale e di Vita Artificiale – affianchino un corretto percorso scientifico di elevata qualità, non approssimativi o superficiali (come talora accade di incontrare), bensì coerenti ed approfonditi, senza con ciò essere eccessivamente pedanti o eccessivamente complicati. Questo perché l'ausilio di raffinati strumenti multimediali permette – se ben sfruttato – di sopperire, con adeguati espedienti narrativi e semiotici, alle difficoltà insite in quella mancanza di immediatezza nella comprensione che è necessariamente indotta dalla lontananza che il tema può avere dall'esperienza quotidiana del fruitore medio dell'oggetto stesso, prodotto ai fini comunicativi. Il punto di partenza per alcune nostre ricerche in campo comunicativo — su cui baseremo questo

saggio — è stata la sfida « Relativity Challenge », lanciata nel 2005 dalla Fondazione Pirelli nell'ambito del Premio « Pirelli *INTERNETional Award* », con lo scopo di stimolare la comunità internazionale a produrre oggetti multimediali di breve durata volti a visualizzare, per il grande pubblico, il significato ed i concetti della « nuova » teoria einsteiniana sullo SpazioTempo relativistico. Stante l'evidente difficoltà a ridurre in soli cinque minuti (lunghezza temporale approssimativa prevista dal bando del premio) un prodotto autocontenuto, coerente e di buona qualità scientifica in questo settore della Fisica — così importante ma altrettanto lontano, nei suoi concetti, dalla comune esperienza quotidiana — è stato da noi prodotto un video interattivo (di poco meno di 6 minuti).

Questo prodotto multimediale, cui è stato dato il titolo « $E = mc^2$ » in ossequio alla più celebre ed evocativa tra le formule della Teoria della Relatività Speciale di Einstein — selezionato per il citato premio e pubblicato nel DVD delle opere migliori in concorso¹ — è stato presentato pubblicamente in diverse mostre scientifiche e Festival della Scienza, con notevole successo anche in termini di presenze. Esso, inoltre, è stato oggetto di ulteriori presentazioni pubbliche in occasione di conferenze ed attività didattico-divulgative in ambito scolastico (anche a livello di Scuola Elementare), nonché in ambito universitario, in Italia, Europa e Canada. Una recente pubblicazione², cui è allegato un DVD contenente il prodotto multimediale, ne espone la traccia scientifica e la valenza comunicativa.

2. L'Immagine ed il suo Ruolo per la Comunicazione

Un'indagine all'interno dell'ampia area di fenomeni definiti come « immagine » rivela una varietà di temi semiotici che riconducono al carattere polisemico dell'immagine.

L'immagine si iscrive in uno schema di comunicazione che, dall'emittente al ricevente, utilizza un canale visivo³ (cfr. Fig. 1).

Mitchell (in Noth⁴) propone una « tipologia di immagini » in cui distingue 5 classi :

¹ Massimo Armeni (Ed.), « *Pirelli Relativity Challenge* », DVD-Rom del « Pirelli *INTERNETional Award* », Pirelli & C. S.p.A., Milano, 2006 — sito web : <http://www.pirelliaward.com>

² Marcella Giulia Lorenzi, Lorenzo Fatibene & Mauro Francaviglia, « *Più Veloce della Luce: Visualizzare lo SpazioTempo relativistico* », Centro Editoriale e Librario dell'Università della Calabria, Cosenza, 2007, 80 pp. + DVD-Rom- ISBN : 88-7458-067-3.

³ Anne-Marie Thibault-Laulan, « *Image et Communication* », Editions Universitaires, Paris, 1972.

⁴ Winfried Nöth, « *Handbook of Semiotica* », Indiana University Press, Bloomington, 1995.

1. grafiche (quadri, statue, segni, ecc.)
2. ottiche (speculari, proiezioni, ecc.)
3. percettive (dati sensoriali, « apparenze », ecc.)
4. mentali (sogni, ricordi, idee, ecc.)
5. verbali (metafore, descrizioni, ecc.).

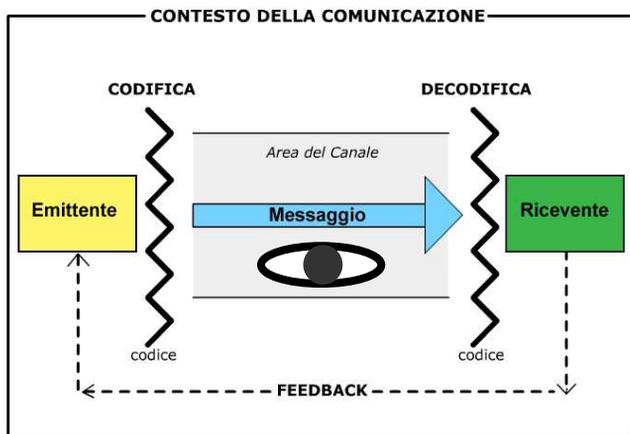


Fig. 1 : Comunicazione Visiva

Immagine, dal latino *imago*, era nel mondo antico la statua in cera che rappresentava i cari defunti, un modo per ricordarli nel tempo. Del resto anche oggi, quando si fa una foto, si dice « immortalare ». In questo stesso convegno, Elio Franzini, parlando dei « generi dell'immagine », ci ricorda appunto che :

Queste « imago » che sono le reliquie, le memorie, che rinviano all'invisibile, richiedono un « contorno » : ed è questo il primo stimolo verso un'arte sacra. E' la « difesa » della morte, cioè della memoria, e dunque della nostra identità culturale, in definitiva della nostra stessa storia, che costituisce la prima giustificazione culturale delle immagini : che impone di inventari modi e generi diversi per « intrappolare » il tempo nello spazio. Questo intrappolare genera un bisogno di « rappresentazioni », appunto di immagini : e rappresentare significa rendere presente l'assente : non soltanto « evocare » bensì proprio « rimpiazzare ». La pittura è stata l'arte di questo « rimpiazzo » : ma bisogna essere ben consapevoli che nessuna tecnica di rappresentazione, quale appunto è la pittura, è immortale. Immortale o, meglio, inserito nel patrimonio culturale dell'antropologico, è il bisogno di legare il visibile all'invisibile, di immortalare la rappresentazione stabilizzando l'instabile. La pittura è, nei suoi vari generi, un genere storico di questa stabilizzazione. Tuttavia il punto di partenza è una frase che si legge in Debray (*) : « Si sarà compreso che non c'è da un lato l'immagine, materiale unico, inerte e stabile, e dall'altro lo sguardo [...]. Guardare non è ricevere, ma ordinare il visibile,

organizzare l'esperienza ». Ebbene, la storia dell'arte è solo una tappa, non la sola, nella storia che lega le immagini e lo sguardo. Ma questo significa che, come non vi è un solo sguardo, non vi è una sola immagine. L'immagine è un « genere » che ha non solo una storia ma anche e soprattutto differenti modi di ricezione⁵.

Oggi la comunicazione umana si basa largamente sulla visione: la maggior parte degli stimoli che percepiamo è di tipo di visivo. Da ciò l'importanza che la Visualizzazione riveste, dalla vita quotidiana alla ricerca scientifica. Un'immagine è un modo più conciso ed efficiente per trasmettere informazioni: si dice infatti « un'immagine vale 1000 parole ». La ragione di tale efficacia comunicativa sta anche nell'elevata larghezza di banda della visione: infatti, si tratta di ben 12.500 unità informative al secondo, rispetto alle 40 unità/secondo della lettura e delle 60 unità/secondo dell'udito.

Spesso anche i nuovi linguaggi (fotografico, cinematografico, multimediale) sfruttano, in forma attualizzata, le categorie retoriche classiche del linguaggio verbale, per suscitare emozioni, per meglio rappresentare un'idea o un concetto, per assimilare delle situazioni, eccetera. Metafore, personificazioni, similitudini, e tante altre figure vengono spesso utilizzate nella cultura occidentale come strumenti di codificazione e interpretazione, spesso in compresenza e stratificazioni: un esempio evidente di ciò è dato dalla pubblicità.

Ma, rispetto al linguaggio verbale e alle tecniche di scrittura, i nuovi linguaggi dell'immagine rivelano una complessità maggiore, e, per contro, delle potenzialità più elevate, in quanto appunto coinvolgono più « media », più canali e nuovi codici espressivi e comunicativi.

Sempre Mitchell intende per « linguaggio delle immagini » tre categorie distinte:

1. « language *about* images », le parole che usiamo per parlare di immagini, sculture e pattern spaziali astratti nel mondo, nell'Arte e nella mente ;
2. « images regarded *as* a language », cioè il potere semantico, sintattico, comunicativo delle immagini nel codificare dei messaggi, raccontare delle storie, esprimere idee ed emozioni, sollevare questioni, « parlarci » ;
3. « verbal language as a system *informed by* images », alla lettera il carattere grafico dei sistemi di scrittura o « visible language », figurativamente nella penetrazione di linguaggi verbali e metalinguaggi by « concerns for patterning » (schematizzazione), presentazione e rappresentazione.

⁵ Elio Franzini, comunicazione personale.

Per Mitchell appare evidente che il secondo ed il terzo punto formino ciò che i logici potrebbero chiamare un « errore di categoria ». Infatti egli continua affermando che :

The realms of language and imagery, like Lessing's poetry and painting, and Kant's time and space, are generally regarded as fundamentally different modes of expression, representation and cognition. Language works with arbitrary, conventional signs, images with natural, universal signs. Language unfolds in temporal succession; images reside in a realm of timeless spaciality and simultaneity⁶.

Naturalmente la forma artistica che maggiormente rivela il potere delle immagini di esprimere ordini temporali, narrativi o discorsive è il Cinema. Tuttavia l'immagine cinematografica non è semplicemente l'oggetto di una nostra visione ed interpretazione, ma ci arriva « pre-confezionata in relazioni ordinate » (*trucage*, espedienti narrativi, assunzioni di ordine visivo e spaziale) che ne controllano la nostra lettura. Questi espedienti non sono immagini in sé, ma qualcosa che viene fatto alle immagini o con le immagini, come osserva Metz, qualcosa che potrebbe implicare ciò che solitamente chiamiamo immaginazione.⁷

Immaginazione viene dal latino *imago-aginis*, *immaginare*, *imaginatio-onis* : « immaginare, crearsi un'immagine nella mente ». È dunque la facoltà propria del pensiero di elaborare o riprodurre liberamente immagini ; l'atto di immaginare. Per Kant era la facoltà intermedia tra sensibilità ed intelletto. Ha un carattere puramente produttivo, nel senso che è creatrice del cosiddetto « schema trascendentale », ovvero uno schema individuato in una determinazione temporale, che collega tra loro due rappresentazioni empiriche in base al tempo.

Arnheim affronta l'argomento discutendo contro la tendenza in Psicologia a separare percezione e pensiero, a favore della coltivazione di vivide e concrete immagini mentali come aiuti all'intuizione e all'atto dell'intelletto. Per Arnheim molto spesso le immagini scientifiche non registrano ciò che è visibile, ma il loro scopo è quello di *rendere* visibile : ciò si applica sia ai normali ingrandimenti, sia al « miracolo » dei microscopi elettronici, che hanno permesso agli scienziati di dare innumerevoli risposte – ma sempre avendo ben presenti le specifiche dello strumento, il fattore di ingrandimento, la risoluzione, ecc. In nessun campo siamo stati così coscienti della « stregoneria » della Scienza nell'ottenere delle informazioni così lontane dalla portata dell'occhio umano, come avviene, per esempio, nell'esplorazione dell'Universo. Le immagini della superficie di Marte sono

⁶ W.J. Thomas Mitchell (Ed.), *The language of images*, The University of Chicago Press, Chicago, 1980.

⁷ Christian Metz, « Trucage and the Film », in *The language of images*, W.J.Thomas Mitchell (Ed.), The University of Chicago Press, Chicago,1980, pp. 151-170.

state trasmesse a circa 212 milioni di miglia. Tuttavia le immagini mostrate sui giornali sono state mediate da una catena di processi, dalla trasmissione di un segnale elettrico, alla conversione di questo tramite un computer in un fermo-immagine, alla calibrazione dei colori, tenendo conto che tuttavia sono necessarie informazioni sulla distanza per decifrare quella che in « Art and Illusion » lui chiamò « l'ambiguità della terza dimensione »: il fermo immagine non dà alcuna informazione su quanta distanza abbia percorso la luce, né sulle dimensioni degli oggetti visibili sulla superficie, in quanto non compaiono in esso elementi di riferimento riconoscibili e familiari (persone, case, animali, piante, eccetera).⁸

A proposito di « stregoneria », dal successo del film di animazione musicale « Fantasia » di Disney (in origine, appunto, « The Sorcerer's Apprentice », con musiche omonime di Paul Dukas), l'espressione « l'apprendista stregone » è entrata nel linguaggio comune per indicare una persona che utilizza metodi o tecniche che non è in grado di padroneggiare, con rischi seri ma non presi in considerazione di danni per la collettività⁹; può essere considerato l'anticipatore dello « scienziato pazzo »¹⁰, tipica figura della narrativa del Novecento, riscoperto dalla recente diffusione della cultura *geek*.¹¹ Si differenzia per delle esagerazioni rispetto alla figura tipica dello scienziato, di cui parleremo a proposito della nostra produzione « $E = mc^2$ ».

Ci sono diversi problemi correlati che si incentrano sui fenomeni della produzione e interpretazione delle immagini che si irradiano da tutte le forme di Arte, tutte le modalità di rappresentazione e significazione. Mitchell afferma che lo studio dell'immagine ha compiuto un « salto quantico » nella seconda metà del Novecento (soprattutto grazie ai lavori di studiosi come Gombrich ed Arnheim), prelevandola dalla custodia della Storia dell'Arte e incentrando attorno ad essa un problema generale nelle Scienze Naturali ed Umane.¹²

Gombrich, trattando dello statuto epistemologico dell'*imagery*, esplora i confini intricati e incerti tra l'immagine vista come « an objective record of optical facts », costruita in accordo con una comprensione innata, istintiva, « naturale », del mondo visuale, e la visione contraria dell'immagine come evocazione soggettiva di impressioni ottiche, costruite in accordo con le

⁸ Rudolf Arnheim, « A Plea for Visual Thinking », in *The language of images*, W.J. Thomas Mitchell (Ed.), The University of Chicago Press, Chicago, 1980, pp. 171-180.

⁹ http://it.wikipedia.org/wiki/Apprendista_stregone.

¹⁰ http://it.wikipedia.org/wiki/Scienziato_pazzo.

¹¹ Una persona che è interessata alla Tecnologia, specialmente all'Informatica e ai nuovi « media ».

¹² W.J. Thomas Mitchell, *ibidem*.

mutevoli convenzioni rappresentative che sono artificiali ed apprese, piuttosto che innate.¹³

Felice Cimatti, nel suo libro *Linguaggio ed esperienza visiva*¹⁴, si pone come obiettivo di rispondere alle seguenti domande : Come è possibile parlare di ciò che vediamo, cioè del visibile ? Com'è possibile parlare di ciò che *non* vediamo, ossia dell'invisibile ? Come fa l'*interno*, il linguaggio in quanto sistema di significati, ad agganciarsi all'*esterno*, al mondo? Osservando che l'invisibilità non costituisce, apparentemente, un ostacolo per il linguaggio, adotta un modello esplicativo d'impianto realista di tipo fenomenologico (o per usare un termine che utilizzerà come sinonimo, ecologico, intendendo come « mondo ecologico » la congiunzione tra ambiente naturale ed il « particolare punto di vista di una specie animale che con esso si confronta »). Il rapporto fra percezione e linguaggio verbale può essere affrontato, molto schematicamente, sia privilegiando il ruolo della percezione (referenzialismo) sia quello del linguaggio (modello della forma).

Nel modello ecologico, infine, il linguaggio recupera le sue origini corporee, attraverso cui entra in contatto con il mondo che perde sia l'alterità radicale tematizzata nei modelli referenzialisti, sia l'inessenzialità ontologica cui viene relegato il modello della forma. Radici corporee in cui è già implicita la dialogicità che sarà poi linguistica, perché il mondo ecologico — ed in particolare quello visivo — è da sempre pluralistico, incrocio di sguardi su di un mondo comune, originaria apertura, agli altri come allo spazio-tempo degli oggetti.

Un vero viaggio di scoperta
non è cercare nuove terre
ma guardare con occhi nuovi.

Marcel Proust (1871-1927) scrittore, critico letterario

...la mia ricerca mira
ad andare oltre l'impressione visibile
per esprimere il mondo complesso dell'invisibile...
Odilon Redon (1840 – 1916) pittore, incisore, scrittore

3. Scienza ed Immagini : Visualizzazione e Comunicazione Scientifica

Chi non è mai stato affascinato dai disegni di Leonardo da Vinci ? Ai tempi di Leonardo Arte e Scienza erano molto vicine tra loro, per diversi aspetti : allora non esisteva una distinzione così netta tra scienziato ed artista, l'uomo di *cultura* raccoglieva in sé diverse competenze del sapere, oggi

¹³ Ernst H. Gombrich, « Standards of Truth : the arrested image and the moving eye », in *The language of images*, W.J. Thomas Mitchell (Ed.), The University of Chicago Press, Chicago, 1980, pp. 181-218.

¹⁴ Felice Cimatti, « *Linguaggio ed Esperienza Visiva* », Centro Editoriale e Librario, Università degli Studi della Calabria, Rende, 1997, pp. 315 e segg.

parcellizzate in compartimenti stagni; era normale, allora, creare belle immagini per spiegare la Scienza. Queste immagini s'imponivano dunque anche per la loro qualità estetica, oltre che per la funzione scientifica.



Fig. 2 : Libro IV degli *Elementi* di Euclide

Frédérique Ait-Touati parla nei suoi scritti delle immagini prodotte da Robert Hook per il suo testo *Micrographia* (1665), interpretate dagli storici della Scienza e dell'Arte :

Représentatif d'une technique descriptive caractéristique de la science comme de l'art dans la deuxième moitié du XVIIe siècle le statut argumentatif de ces images astronomiques s'éclaire lorsqu'on prend en compte le contexte polémique de la publication et le statut des images chez les astronomes critiqués : Tycho Brahé, maître incontesté de l'iconographie des instruments astronomiques mais aussi symbole de l'observation astronomique à l'œil nu ; Hevelius, tenant de la méthode observationnelle tychonienne et auteur des impressionnantes images de la Selenographia (1647)¹⁵.

A partire dalla fine del XIX secolo ad oggi, un conto è parlare di immagini (quali foto e video che riproducono la realtà, non potremmo dire fedelmente se non tenendo conto delle limitazioni dell'apparato visivo e percettivo dell'uomo, sulla base dei principii dei quali i dispositivi del vedere vengono costruiti), un'altra è parlare di visualizzazione di ciò che non è visibile « a occhio nudo »... Al giorno d'oggi i computer hanno rivoluzionato il rapporto con l'immagine, permettendo di passare da rappresentazioni statiche e piatte a nuovi modi di comunicare, che comprendono aspetti di interattività, ma anche tridimensionalità e navigabilità, fino ad arrivare a visualizzazioni collaborative tra due o più utenti, anche localizzati in diversi

¹⁵ Frédérique Ait-Touati, « *L'image scientifique et ses outils : iconographie des instruments astronomiques chez Robert Hooke* », in stampa.

punti geografici e/o temporali. Ma, elemento ancor più importante, in molti casi hanno reso possibile il sogno di artisti e scienziati, di « rendere visibile l'invisibile ».

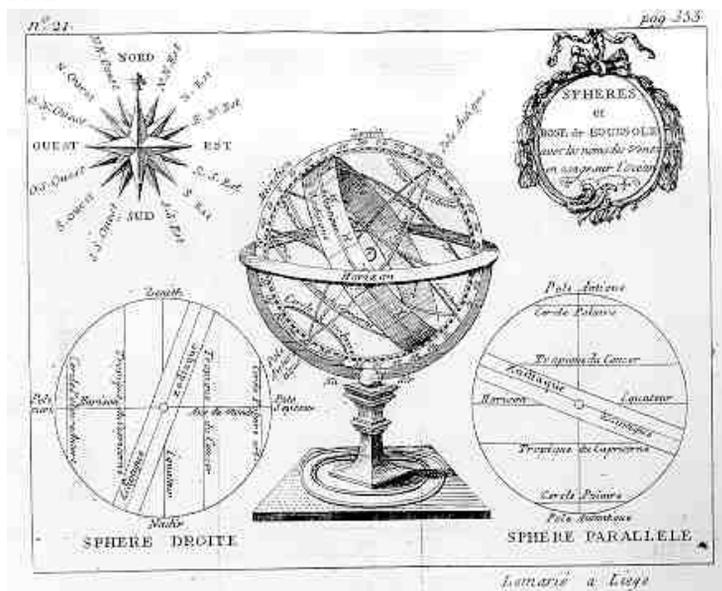


Fig. 3 : Una Sfera Armillare

La definizione di « visualizzare » che dà *The Oxford English Dictionary* (1989) è la seguente :

To visualize : To form a mental vision, image, or picture of (something not visible or present to sight, or of an abstraction) ; to make visible to the mind or imagination.

Dunque visualizzare è formare una visione mentale, un'immagine di qualcosa non visibile, o di una astrazione, rendendola visibile alla mente o alla immaginazione.

La Visualizzazione Scientifica si basa sull'analisi e l'esplorazione, esaltando le grandi capacità umane di cogliere regolarità, formando schemi ed associazioni. Nell'analisi interattiva di dati scientifici, specie se supportata da interfacce multimodali, l'utente ha a disposizione degli strumenti che gli permettano di esplorare lo spazio di informazioni complesse ricavandone intuizioni, traendo conclusioni e interagendo, in maniera intuitiva e naturale, direttamente con i dati: modificando punti di vista, mappe, ed altre caratteristiche dei dati, si possono portare alla luce aspetti che potrebbero rimanere sommersi dalla mole dei dati da analizzare.

A questo proposito, Guido Maurelli afferma :

Nel mondo digitale tutte le immagini scaturiscono da numeri. Nella ricerca scientifica si ha a che fare con numeri e sempre più frequentemente con immagini, e tali immagini sono il risultato di elaborazioni fatte su numeri. La ricerca scientifica oggi produce molte tipologie di immagini. Alcune sono immagini descrittive, come ad esempio grafici e istogrammi, che servono a visualizzare i fenomeni, osservando la dinamica traspositiva delle coordinate spaziali. Altre che sono a topologia pertinente, cioè immagini che rispettano le caratteristiche originarie di un fenomeno. La relazione vuole mostrare le caratteristiche di questi differenti tipi d'immagini che sono di grande aiuto al lavoro del ricercatore, mostrando alcune delle più recenti scoperte fatte all'interno del Centro Ricerche Semeion. Sottolineando che i fenomeni cosiddetti visivi costituiscono la struttura più didattica e figurativa di un qualsiasi evento oggetto di conoscenza scientifica¹⁶.

Gli scienziati, oltre ai più recenti simulazioni, grafica tridimensionale, mondi navigabili, si avvalgono oggi anche di « Mappe Tematiche » (Fig. 4) : il risultato dell'applicazione della procedura di classificazione guidata ad un insieme multitemporale di immagini da satellite è una « mappa tematica digitale ».

In questo caso, il ruolo del colore usato a fini rappresentativi è molto significativo ai fini della comprensione, ma sono elementi importanti anche la forma, l'orientamento, la « texture », la saturazione, e la combinazione di tali variabili.¹⁷

A proposito dell'immagine nella Cartografia citiamo da Pottier :¹⁸

Je sais ce que je veux dire, mais je ne trouve pas les mots pour le dire [...]. Dans le domaine de la cartographie, la difficulté de s'exprimer par le visuel est réelle. Pour contourner cette difficulté, le cartographe rêve de disposer de méthodes et d'outils permettant de faire de la carte une image rationnelle, *a priori* rigoureusement codée, où la sémantique aurait à coup sûr le pas sur l'esthétique, le signifiant sur le signifié. La carte, en tant qu'image, s'inscrit dans un schéma de communication qui, de l'émetteur vers le récepteur, utilise le canal visuel. La construction, comme la lecture du message cartographique, se réfère donc à un champ disciplinaire que l'on peut appeler sémiologie du signe visuel ou sémiologie graphique. [...] Cette discipline fait ainsi appel à un certain nombre de propriétés du canal visuel (rétine, analyseur visuel occipital...), propriétés qui influent sur le mécanisme de la lecture et conditionnent la façon dont sont appréhendés les signes, et dont leur institution en systèmes sémiotiques contribue à conditionner la lecture du message [...] L'image cartographique ne peut également être décrite sans se référer aux

¹⁶ Guido Maurelli, dalla registrazione della conferenza, Urbino 2007.

¹⁷ Anne Beyaert-Geslin, « *La photographie aérienne : pseudo carte et pseudo plan* », in questi Atti.

¹⁸ Patrick Pottier, « *Sémiologie et Communication Cartographique* », Université de Nantes, avril 2000.

scienze cognitive de la psychologie individuelle et de la conscience collective. [...] L'utilisation de la couleur notamment, « cette partie de l'art qui détient le don magique » (Eugène Delacroix), nous incite à la prudence. Pas de grille universelle de perception des couleurs, mais uniquement une sensibilité individuelle et culturelle. [...] Tout système d'information destiné à l'œil communique en un seul instant les relations entre les trois variables sensibles de la perception visuelle, les deux dimensions du plan, et la variation des taches. Pour la carte, la position dans le plan est contrainte par la localisation géographique, mais la tache peut prendre une infinité d'aspects. Le caractère global et instantané des messages visuels permet à l'image d'accepter une grande quantité d'informations, qui s'organisent en trois niveaux de perception : analytique et linéaire, par regroupement d'éléments, globale enfin. [...] Il s'agit là d'une règle essentielle de la sémiologie graphique, qui sous-entend d'une part que l'information traitée soit au préalable caractérisée par rapport aux relations fondamentales que les signes entre eux sont susceptibles de transcrire visuellement, et d'autre part que la représentation présente une efficacité discriminante suffisamment forte et en adéquation avec la nature ordonnée du message à communiquer¹⁹.

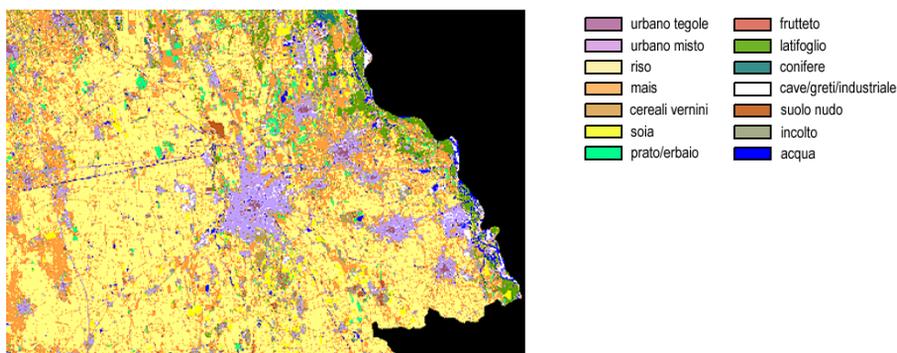


Fig. 4: Una Mappa Tematica (© Università della Calabria)

Sempre al riguardo dell'accorto uso delle immagini nella narrazione scientifica ci piace anche citare alcuni passi di Luciano Boi e di Jacques Fontanille, da questo stesso Convegno, che meglio di ogni altra frase ben descrivono il contesto. Riprendiamo innanzitutto da Boi²⁰ :

Nous distinguerons d'abord entre différents types d'objets et d'images qui sont censées les représenter, et notamment entre l'objet représenté dans et par l'image, et l'« objet-représentation » devenu un objet autonome dont la fonction de représentation s'est déplacée sur un autre niveau de sens. [...]. Pour que l'image devienne elle-même objet de représentation [...] il faut qu'elle acquière le statut d'une « forme » (gestalt) dont toute fonction

¹⁹ *Ibidem*.

²⁰ Luciano Boi, « Visualizzazione topologica, funzioni semiotiche dell'immagine e cambiamenti nel pensiero scientifico », dalla registrazione della conferenza, Urbino 2007.

(prétendue simple) de correspondance ou de figuration fidèle de la réalité est abandonnée au profit d'une production inventive de réalité. Cela devient possible grâce en particulier à l'une des caractéristiques fondamentales que présente la forme, qui est que ses principaux composants (ou éléments constitutifs) illustrent, par un processus d'idéation et d'intuition créatrice, des propriétés essentielles du processus réel que l'on cherche à se représenter.

Boi utilizza tre esempi significativi, tratti dalle scienze fisico-matematiche e dalla psicologia della percezione :

(i) La nécessité de parler d'un niveau symbolique et/ou scientifique de la perception ; celle-ci prolonge la perception au-delà des limites physiologiques et physiques et elle est fondamentale en vue de connaître les structures invisibles ou les phénomènes à très grande échelle ne pouvant pas être perçus directement. [...] Dans ce contexte, l'image n'a plus aucune fonction de figuration, et ce n'est pas sa plus au moins grande ressemblance à la réalité qui lui confère un pouvoir de description ou d'explication, mais bien plutôt sa capacité de se représenter ou de s'imaginer les processus et les phénomènes physiques au-delà de leurs apparences et aspects visibles. (ii) La représentation en topologie ne peut se passer d'un processus de « visualisation mathématique ». Cette visualisation fait appel à un nouveau type d'intuition, plus conceptuelle et en même temps plus picturale (diagrammatique), et résolument éloignée des sensations immédiates et de l'intuition empirique. (iii) Le statut de la couleur et sa fonction de représentation. Il est possible de montrer que plusieurs ordres se différencient dans le phénomène que nous nommons « couleur » et que selon l'appartenance à tel ou tel de ces ordres le phénomène lui-même change entièrement pour nous de valeur, de signification. Dans le premier, on prend la couleur pour une « image lumineuse » [...] dans le second, le regard se tourne à l'inverse vers de pures déterminations objectives, et la couleur n'est jamais traitée que comme une trace (une sorte de signature) de l'être objectif qui apparaît en elle, sans qu'il soit nécessaire qu'elle soit considérée selon son propre mode phénoménal²¹.

Mentre Fontanille aggiunge :

L'imagerie scientifique pose quelques problèmes redoutables à la sémiotique visuelle, planaire ou « de l'image ». [...] la collusion ordinaire entre les effets iconiques et les effets référentiels est convertie au moins en tensions et compétition, si ce n'est en contradiction. [...] La structure d'expérience de l'imagerie scientifique est nécessairement plus complexe que celle de l'image représentative classique ; elle comprend une instance d'expérience scientifique et une instance pratique. [...] toutes les autres structures d'expérience, et notamment tous les types de « réalisme » (réalisme scientifique, réalisme représentationnel, réalisme pratique, réalisme mythique) peuvent être construits comme des « réductions-distorsions » de cette structure canonique.

²¹ Luciano Boi, *ibidem*.

L'imagerie scientifique apparaît de ce point de vue comme un « laboratoire » sémiotique pour la description des « régimes de croyance » de l'image²².

4. Scopi della Visualizzazione Scientifica

The purpose of computing is insight not numbers
(Richard Hamming 1962)

Visualization offers a method for seeing the unseen. It enriches the process of scientific discovery and fosters profound and unexpected insights. In many fields it is already revolutionizing the way scientists do science
(Visualization in scientific computing — ACM Siggraph, 1987)

Il ruolo dello scienziato è quello di scoprire o creare immagini di quanto avviene nel mondo naturale, e di collocarle in un sistema coerente di altre immagini, in modo tale che il tutto risponda ad una struttura armonica, in cui semplicità e complessità possano coesistere contemporaneamente.
(Paolo Sirabella, 1995)

La Visualizzazione Scientifica è anche un modo di comunicare facendo uso di diversi « media » e seguendo diversi scopi: si va dai rapporti scientifici (con l'utilizzo di immagini, filmati, grafici, ecc.) o presentazioni in occasione di conferenze e congressi, per arrivare a riviste o programmi TV di Divulgazione della Scienza (la cosiddetta « *Popular Science* ») o anche specifici siti web (che fanno uso di immagini in vari formati, di video, di mondi 3D interattivi in VRML o X3D, e così via). In ogni caso, in tutte queste forme di Comunicazione Scientifica sono presenti dei contenuti scientifici e un tentativo di « spiegare o convincere ».

Tutto ciò ha portato l'emergenza di nuove figure professionali : i « *Comunicatori della Scienza* ». Dotati di competenze multiple e specifiche capacità flessibili, essi usano linguaggio semplice ed immagini per spiegare fatti e scoperte, mantenendo al contempo il rigore scientifico. Spiegando i come ed i perché della Scienza; fungono da « Ponte tra Scienza e Società », coinvolgendo le gente comune per una consapevolezza pubblica della Scienza, ma si pongono anche come sentinelle contro la « falsa scienza », spesso dettata da interessi economici/politici.

²² Jacques Fontanille, « *Le « réalisme » paradoxal de l'imagerie scientifique* », in questi Atti.



Fig. 5 : Città della Scienza di Napoli (foto © Marcella Giulia Lorenzi)

In tempi più o meno recenti sono anche sorti nuovi centri di divulgazione scientifica, gli « *Science Centers* », per avvicinare alla Scienza soprattutto i più piccoli ma anche un pubblico di adulti: un esempio in Italia è la Città della Scienza di Napoli (cfr. Fig. 5).

Un uso estensivo ma sempre rigoroso di immagini e di *exhibits* interattivi rendono quindi divertente l'approccio alla Scienza.

Presso l'Università della Calabria da diversi anni si fanno sperimentazioni in questo senso: partendo dal Centro Interdipartimentale della Comunicazione, con il suo antesignano « Antimuseo », in cui i visitatori erano « pregati di toccare » — al contrario dei musei tradizionali — e passando successivamente dal Gruppo di Ricerca ESG (Evolutionary Systems Group) si è arrivati nel 2007 alla creazione del « Laboratorio per la Comunicazione Scientifica ». Un filo conduttore comune ha unito i vari scopi: l'interdisciplinarietà, con l'uso di visualizzazioni e diverse rappresentazioni usando l'Arte — ed in particolare l'Arte Digitale, le Metafore, tecniche di Storytelling, e quanto più legato alle immagini dei nuovi media, ma anche al mondo delle emozioni, per applicazioni all'Industria Culturale, ivi incluse la Comunicazione e la Visualizzazione della Scienza²³.

²³ Eleonora Bilotta, Pier Augusto Bertacchini, Mauro Francaviglia & Pietro Pantano, « Atti del Convegno Nazionale "Matematica, Arte e Industria Culturale", Cetraro, 19-21 maggio 2005 », Atti su CD-Rom, a cura di Marcella Giulia Lorenzi, ESG – Università della Calabria, Cosenza, 2005.

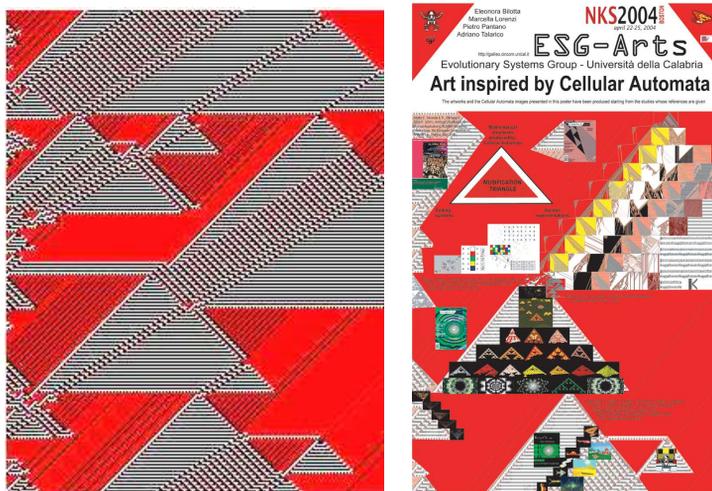


Fig. 6 : Poster « Art Inspired by Cellular Automata » (NKS Conference)
(© Bilotta, Lorenzi, Pantano, Talarico).

Il punto di partenza di alcune delle soluzioni comunicative da noi adottate è rappresentato da immagini o rappresentazioni statiche (grafica e poster) : abbiamo di fatto costruito oggetti che, pur statici, contengono in sé delle metafore o una serie di narrazioni come elemento dinamico.

Citiamo ad esempio il poster intitolato *Art Inspired by Cellular Automata* (a cura di E. Bilotta, M.G. Lorenzi, P. Pantano e A. Talarico) che fu presentato presso la «NKS — A New Kind of Science Conference» (Boston, 22-25 aprile 2004). In esso (cfr. Fig. 6) abbiamo utilizzato una metafora della complessità : unità elementari di informazione si raggruppano per formare strutture e forme emergenti. Ogni intervento per sostenere un discorso (titoli degli articoli, cover) è stato fatto in modo creativo, cercando di mantenere una struttura. Un Automa Cellulare²⁴ di IV Classe, con strutture complesse caratteristiche (strutture auto-organizzanti, come i *glider*, e domini regolari) è stato utilizzato per illustrare alcune ricerche dell'ESG. Queste stesse strutture sono state riprodotte utilizzando altri schemi ed immagini create attraverso automi cellulari (si veda la Fig. 7).

²⁴ Un Automa Cellulare è un sistema complesso formato da un numero finito di unità che interagiscono tra loro, utilizzato per effettuare simulazioni di fenomeni naturali. Per una trattazione più approfondita:
<http://mathworld.wolfram.com/CellularAutomaton.html>.



Fig. 7 : Solidi Frattali da Automi Cellulari (©Bilotta, Pantano).

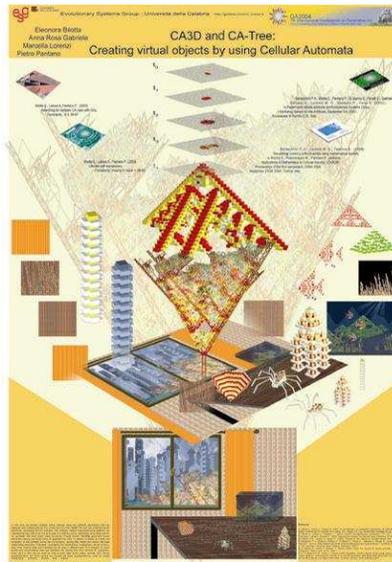


Fig. 8 : Poster CA3D and CA-tree (© Bilotta, Gabriele, Lorenzi, Pantano)

Un altro esempio è il poster che fu predisposto e presentato al Convegno « GENERATIVE ART 2004 » (7th International Conference on Generative Art, Milano) dal titolo « CA3D and CA-Tree: Creating virtual objects by using Cellular Automata »: in esso (cfr. Fig. 8) alcune caratteristiche della crescita degli automi cellulari sono state messe in evidenza attraverso dei processi appositamente realizzati per la creazione e la visualizzazione di oggetti frattali. Alcune delle strutture ottenute, simili a

forme biologiche, sono state utilizzate in seguito per generare delle immagini composte...

Altro progetto dello stesso gruppo di lavoro prevede nel prossimo futuro l'implementazione di un Portale Web « MArS » che presenti l'Arte come un modo diverso di avvicinarsi alla Matematica, partendo dalle emozioni suscitate dalla bellezza di opere d'arte selezionate, per arrivare a mostrarne la struttura geometrica soggiacente (cfr. Fig. 9) ; e vedere come i due linguaggi si siano sviluppati in parallelo nei secoli, come modi diversi di rappresentare il mondo percepito.²⁵ La Figura 10 mostra la soluzione grafica da noi adottata per il logo del portale « MArS », in cui un'attrattore strano si coniuga alla figura classica di un Bronzo di Riace virtualizzato, che presumibilmente raffigurava il Dio Marte, ad alla rappresentazione del Sistema Eliocentrico che fu data da Keplero, evocante a sua volta la « Sezione Aurea ».

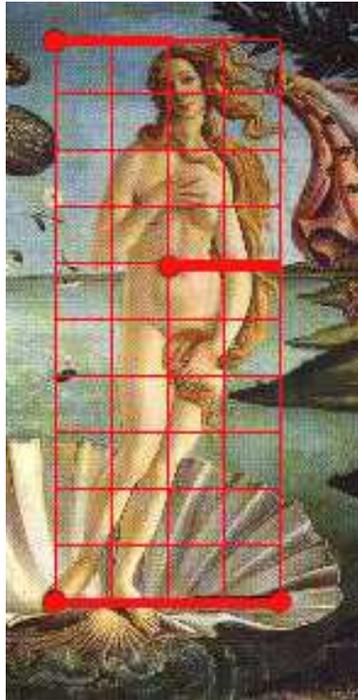


Fig. 9 : Struttura Geometrica della Venere di Sandro Botticelli
(particolare rielaborato da Lorenzi)

²⁵ Mauro Francaviglia, Marcella Giulia Lorenzi & Pietro Pantano, « Art & Mathematics – A New Pathway », in *Proceedings of the Conference « Communicating Mathematics in the Digital Era » (CMDE2006), Aveiro, 15-18 September 2006*, a cura di E. Rocha (Ed.), A.K. Peters Ltd., Wellsley, Massachusetts — USA (2008, in corso di stampa).



Fig. 10 : Logo del Portale « MARS » (© Lorenzi)

Ulteriori applicazioni interdisciplinari sono attualmente sotto indagine con lo scopo di interessare alla Matematica un pubblico vasto, attraverso una sapiente rivalutazione del ruolo che l'immagine svolge (anche con l'ausilio della multimedialità) nella trasmissione e nella comprensione di contenuti teorici astratti, talora assai difficili da rendere « visibili ». Citiamo, ad esempio, le interazioni tra Matematica e Musica, la meditazione con i Mandala²⁶ o l'uso di agenti virtuali (un Compasso ed una Squadretta ; cfr. Fig. 11) in filmati di animazione inerenti una serie di lezioni a livello elementare sulla Geometria Euclidea e l'Aritmetica Pitagorica²⁷.

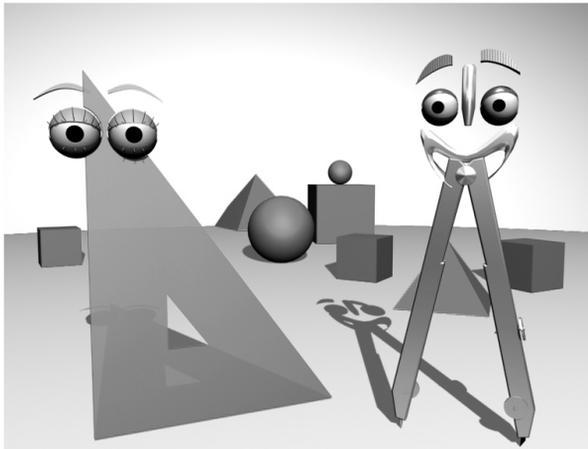


Fig. 11 : Still dal Video « La Geometria del Piano... »
(© Francaviglia, Lorenzi, Senatore)

²⁶ Mauro Francaviglia, Marcella Giulia Lorenzi & Simona Paese, « The Role of Mandalas in Understanding Geometrical Symmetries », in *Proceedings of the 6th International Conference APLIMAT 2007 (Bratislava, February 6-9, 2007)*, a cura di M. Kovacova (Ed.), Slovak University of Technology, Bratislava, 2007, pp. 315-319 - ISBN 978-80-969562-8-9 (book and CD-Rom)

²⁷ Mauro Francaviglia, Marcella Giulia Lorenzi, Caterina Senatore & Adriano Talarico, « Agents and Multimedia Technologies for an Innovative Didactics of Mathematics and Physics », in *Atti del Convegno « Didamatica 2007 »* (Cesena, 10-12 maggio 2007), a cura di Alfio Andronico & Giorgio Casadei (Ed.s), parte I, Società Editrice Asterisco, Bologna, 2007, pp. 302-311.

Meriterebbe un discorso a parte la sperimentazione effettuata dal nostro gruppo, che riguarda, più che la visualizzazione, la « bonificazione » dei dati, con una riproduzione sonora, a volte anche spaziale e tridimensionale, di alcune strutture particolari già citate, quali gli automi cellulari e gli attrattori strani²⁸. In questo contesto possiamo anche citare il contributo dato a questo convegno da Andrea Valle e Giacomo Festi, in cui vengono avanzate alcune ipotesi di confronto rispetto al dominio visibile, precludendo ad uno studio più generale del « contributo della percezione alle strategie ed alle pratiche scientifiche » :

Dalla fondazione greca del sapere occidentale, in prospettiva genealogica, la conoscenza di un oggetto trova un suo modello nella visione degli oggetti, nel loro darsi come configurazione coesistente di parti alla prensione percettiva dello sguardo. Il dominio udibile risulta evidentemente secondario rispetto ad un simile movimento, anche perché, con dominanza invertita, pare opporre alla centralità della configurazione l'imprescindibilità dell'evento : l'oggetto sonoro è sempre un evento dell'ascolto. Un utilizzo del dominio udibile analogo al visibile in ambito scientifico è stato impedito anche da motivi tecnologici, poiché la fonografia e la sintesi del materiale sonoro (al di là della pratica strumentale musicale) sono state sviluppate soltanto nel Novecento (ed in maniera avanzata, dalla seconda metà del secolo). [...] Se le tecniche di displaying per visualizzazione sono ben radicate nel lavoro scientifico, nel corso negli ultimi dieci anni si assiste alla definizione di metodologie e tecniche di sonificazione : ovvero di procedure intese alla definizione di un mapping tra il dominio definito dai dati di partenza e quello acustico. La sonificazione è un ambito assai recente : proprio per questo motivo, essa si presenta come caso interessante, poiché le sue metodologie sono ancora in fase di definizione²⁹.

5. Il progetto « Più Veloce della Luce...? » ed il Multimediale « $E = mc^2$ »

All'interno delle Iniziative per la Diffusione della Cultura Scientifica 2006-07 (Progetto Legge 6/2000) un gruppo di ricerca operante sotto la responsabilità di Pietro Pantano (Università della Calabria), coordinato scientificamente da uno degli scriventi (MF) e dal punto di vista artistico e tecnico dall'altro (MGL), ha dato vita al Progetto Nazionale « Più veloce della Luce...? » rivolto esplicitamente alla « Comunicazione della Teoria della Relatività e della Fisica del XX Secolo ». ³⁰

Punto di partenza per questo progetto era la Tesi di Dottorato che aveva precedentemente visto coinvolti i due presenti autori, come relatore

²⁸ Pier Augusto Bertacchini, Eleonora Bilotta & Pietro Pantano, « Modelli matematici, linguaggi e musica », *Sistemi Intelligenti* n° 3, Dicembre 2005, pp. 489-530.

²⁹ Andrea Valle & Giacomo Festi, « Tendere l'orecchio. Perlustrazioni semiotiche sul displaying a partire dall'udibile », in questi Atti.

³⁰ Partners del Progetto anche : CINECA (Bologna); INFN - Laboratori Nazionali del Gran Sasso (L'Aquila); SIGRAV — Società Italiana di Relatività Generale e Fisica della Gravitazione (Torino e Firenze); EGO-VIRGO (INFN & CNRS, Pisa).

(MF) e autore (MGL), nell'AA. 2005-2006. Nell'anno 2005, infatti, è ricorso uno dei più importanti centenari nella storia della Fisica moderna. Il 1905, definito infatti « Annus Mirabilis », vide nel corso di pochi mesi l'uscita di alcuni lavori fondamentali, tutti ad opera di Albert Einstein. Per celebrare degnamente quelle rivoluzionarie idee — che nel giro di pochi anni avrebbero definitivamente cambiato la Fisica — l'anno 2005 del centenario è stato allora proclamato dall'UNESCO come « Anno Mondiale della Fisica ».

L'Anno Mondiale della Fisica (WYP) ha stimolato, in tutto il mondo, un grandissimo fermento di attività scientifiche, didattiche, divulgative e mediatiche ; oltre all'importantissima motivazione storica, è infatti notevole l'interesse intorno alla Fisica che si è sviluppato sia nel mondo scientifico sia nel grande pubblico, anche grazie alla grande risonanza mediatica che l'evento ha vissuto. Tra le iniziative ad esso collegate va doverosamente citata l'iniziativa del « Relativity Challenge », promossa dalla Fondazione Pirelli all'interno dell' « *INTERNET*ional Award », che ben ha stimolato la comunità scientifica nazionale ed internazionale a cimentarsi nella predisposizione di prodotti multimediali relativi alla Visualizzazione ed alla Comunicazione della Teoria della Relatività Speciale.

Come iniziativa inserita nelle celebrazioni del WYP, questo « Challenge » ha di fatto lanciato una sfida, istituendo un concorso per i migliori lavori multimediali (di circa 5 minuti) che spiegassero la Teoria della Relatività Speciale al « grande pubblico ». La filosofia del premio è che una effettiva Comunicazione della Scienza è tanto importante quanto la Scienza stessa che essa sottende. Il « Challenge » ha cercato di promuovere questa filosofia, cercando di semplificare e demistificare una delle teorie più complesse della Scienza.

Noi abbiamo accettato tale sfida, avendo bene in mente che visualizzare e comunicare la Relatività è un compito difficile, poiché la teoria è assai distante dall'esperienza comune e dal contesto quotidiano (che è sostanzialmente Galileiano). Infatti, le previsioni della Relatività (Speciale) differiscono sensibilmente dall'esperienza quotidiana solamente quando le particelle si muovono ad una velocità prossima a quella della luce (in assenza di materia).

Abbiamo dunque predisposto un Video interattivo multimediale, dal titolo « $E = mc^2$ », sfruttando la nota formula, già essa molto « visiva » ed « accattivante », assurta nell'immaginario collettivo quale « Simbolo della Relatività di Einstein » (ma non solo...). Il prodotto, della durata richiesta di circa 5 minuti, contiene degli approfondimenti contestuali su relativi argomenti scientifici. Stiamo attualmente lavorando ad una versione più lunga, di circa 20 minuti, che comprende giochi ed esperimenti virtuali (in cui si utilizza la « metafora del laboratorio »). Del prodotto esistono le

versioni in Italiano ed Inglese, ma nel futuro sono previste anche versioni in altre lingue (Portoghese, Spagnolo, Francese, Tedesco, Polacco).³¹

Nella preparazione del prodotto siamo partiti dallo studio della traccia scientifica, per passare alla preparazione di una sceneggiatura preliminare, ponendo molta cura allo studio dei personaggi e del messaggio da convogliare. Molto importante è stata la scelta della forma narrativa e del formato comunicativo, con l'esplicito scopo di coinvolgere lo spettatore nel discorso narrativo. Per questo sono state scelte delle immagini visive e metaforiche, privilegiando riferimenti noti (Guerre Stellari, il personaggio di Einstein, e così via), l'uso di frasi brevi e semplici ed anche una certa e voluta « ridondanza » nel discorso.

La predisposizione di uno Story-Board e di un Animatic, attraverso l'uso di adeguati accorgimenti e scelte tecniche, hanno portato alla realizzazione finale dell'oggetto stesso mediante l'utilizzo di software di tipo standard per la produzione di opere di Arte Digitale, applicata da noi al contesto della Comunicazione Scientifica.

Il punto di partenza per il racconto è l'esplosione in cielo di una Supernova; viene scelta di una distanza convenzionale di 10 anni (spiegazioni scientifiche sono fornite nel testo degli approfondimenti). Vi sono 3 personaggi principali: due ragazzi che, sorpresi dall'esplosione della Supernova, chiedono spiegazioni ad un computer, che risponde sotto forma di un Avatar di Einstein. Vengono rappresentati sia gli esperimenti di Galileo a Pisa, sia quelli dell'esperimento EGO-VIRGO a Pisa (« Osservatorio Gravitazionale »), facendo riferimento anche al fatto storico che Einstein ha completato la Teoria soltanto dopo 10 anni (pervenendo alla Teoria della Relatività Generale).

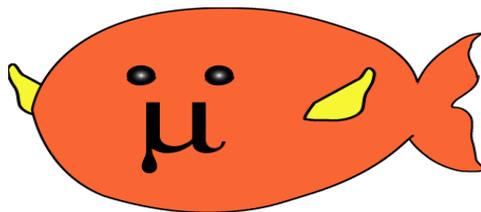
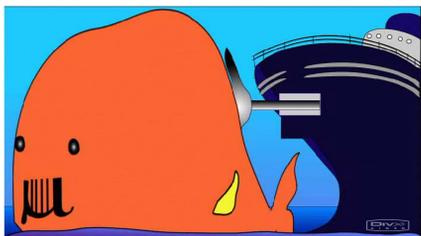


Fig. 12 : Particelle « Mu » (© Fatibene, Francaviglia, Lorenzi)

³¹ Marcella Giulia Lorenzi, Lorenzo Fatibene & Mauro Francaviglia, « Più Veloce della Luce : Visualizzare lo SpazioTempo relativistico », *ibidem*.

Le Particelle Mu (le cui proprietà sono, di fatto, una delle prove sperimentali più evidenti della validità della teoria stessa) sono state da noi rappresentate come piccole balene (cfr. Fig. 12) che acquistano massa all'aumentare della velocità (con il loro simbolo — la lettera greca « mu » — come bocca), fino all'effetto « esplosivo » dovuto all'eccessiva velocità (ovvero, la conversione totale di massa in energia). Si possono assimilare ad una « metafora » utilizzata ai fini comunicativi (dove per « Metafora » — ovvero trasposizione — intendiamo la sostituzione di un termine con una frase figurata legata a quel termine da un rapporto di somiglianza) e, in un certo senso, anche ad una « Ipostasi » del concetto (dove si intende la figura retorica che indica la concretizzazione e la personificazione di un concetto astratto).

Nel prodotto tutto si ispira alla figura ed al mondo di Einstein. Nell'immaginario collettivo la rappresentazione dello scienziato³² per eccellenza richiama la figura di Einstein, dai cartoni animati alla pubblicità. Per la costruzione del personaggio dell'Avatar, dunque, sono state effettuate analisi di archivi fotografici per ottenere un personaggio somigliante allo scienziato (Fig. 13). Ma non solo, la musica di sottofondo, tratta dai « VolinenKonzerten » di Johann Sebastian Bach, era amata da Einstein (che la suonava al violino) e, per dare voce al personaggio, un attore professionista ha imitato il modo di parlare dello scienziato, compreso l'accento tedesco (previo ascolto di archivi sonori storici).

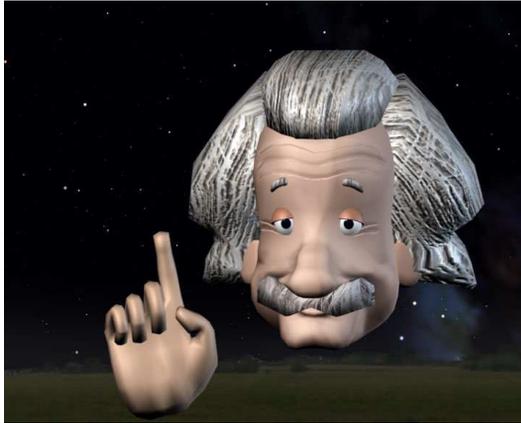


Fig. 13 : L'Avatar di Einstein (© Fatibene, Francaviglia, Lorenzi)

Alcune parti del video sono state costruite come semplici sequenze di cartone animato, in grafica sia bidimensionale sia tridimensionale opportunamente integrate tra loro; altre parti — ove conveniente — sono

³² Maschio, avanti con l'età, capelli bianchi scompigliati, sguardo distratto o spiritato, tenuta da laboratorio, accento tedesco o est-europeo.

state costruite utilizzando un certo numero di effetti speciali (Compositing e Visual Effects), sia di natura grafica sia di natura sonora (cfr. Fig. 14). Per gli sfondi stellati è stato utilizzato il software freeware « Stellarium », per una simulazione fotorealistica del cielo.



Fig. 14 : Processo di « Compositing » a Livelli (© Lorenzi).

Il Prodotto Multimediale completo non è altro che un « contenitore » interattivo nel quale scorre il video stesso, suddiviso in undici capitoli, corrispondenti ad altrettanti momenti significativi del percorso scientifico, tutti accompagnati da schede di approfondimento contenenti domande e risposte relative agli argomenti scientifici affrontati. Esso permette la visione « in continuo » del video con possibilità di interrompere ciascuna sezione, per poter accedere alla lettura del testo scientifico che l'accompagna (anch'esso disponibile, a seconda della versione, in lingua italiana o inglese). Il multimediale permette inoltre di poter saltare liberamente, con una semplice scelta del capitolo, da ciascuna delle undici sezioni a ciascun'altra sezione, sia in avanti sia all'indietro, ritornando così più e più volte, a piacere, sulla parte che si desidera rivedere o approfondire.

Giunti alla sezione finale del video il multimediale propone comunque la lettura dei testi di accompagnamento, che — questa volta — vengono visti nella loro interezza, raggruppati nelle undici domande e risposte consecutive.

6. Conclusioni

Le immagini, la narrazioni, gli strumenti dell'arte Digitale e della Vita Artificiale possano essere convenientemente sfruttati al fine della Comunicazione Scientifica, della Visualizzazione – ed anche della Divulgazione ad ogni livello – dei grandi temi della Fisica Moderna (Fig. 15).

Scientists WANTED



Fig. 15 : Il Poster « I Want You (come and work in Physics) »
(©Fatibene, Francaviglia, Lorenzi)

Temi che – per la loro difficile natura e per il loro naturale scostamento dalla comune esperienza quotidiana del non addetto ai lavori – richiedono l’ausilio di esemplificazioni grafiche ed audiovisive di natura innovativa, che meglio si prestino a visualizzare anche con effetti speciali quello che, altrimenti, non risiede già nella mente dell’ascoltatore. Una cosa è parlare di oggetti legati alla comune esperienza, per i quali anche una visualizzazione di stampo tradizionale può spesso essere sufficiente; un’altra è parlare di cose che anche una mente allenata può far fatica ad immaginare, per le quali solo l’ausilio di strumenti avanzati di visualizzazione e di realtà virtuale possono sopperire alla mancanza di « informazione primordiale » nella mente del fruitore.

Al di là dell’effettiva qualità nella realizzazione, che non tocca a noi giudicare – la nostra recente esperienza in questo campo, è stata ispirata da quella che riteniamo una necessità fondamentale per una Comunicazione veramente efficace della Fisica moderna del XX e XXI Secolo : la necessità di affiancare ad un prodotto di qualità grafica moderna ed efficace un percorso scientifico esatto, rigoroso, non pedante ma nemmeno inficiato dalle superficialità e dalle imprecisioni scientifiche che talora si vedono in innumerevoli contesti. Si può e si deve fare della buona comunicazione, della buona visualizzazione o della buona divulgazione senza dover, necessariamente, stravolgere l’effettiva complessità teorica della disciplina affrontata. Infatti, laddove la mente non può da sola cogliere difficili passaggi, perché lontani dalla percezione quotidiana cui essa è abituata, sono proprio gli strumenti grafici avanzati e della realtà virtuale a permettere di colmare la lacuna percettiva inducendo il fruitore a percepire, virtualmente, una realtà diversa cui la sua mente non è, per struttura, direttamente abituata.

L'iconographie de Louis Pasteur : variations de la figure du savant dans des dispositifs de popularisation

Daniel JACOBI
Université d'Avignon

Dans les recherches consacrées à la place et au rôle des modèles dans les premières théories immunologiques (Cambrosio et al, 2006), nous avons mis en évidence le rôle clef de l'imagerie. Mais, parmi les différentes manières de visualiser les résultats des investigations scientifiques et comme pour humaniser la recherche devenue impossible à figurabiliser, on recourt bien souvent, et ce particulièrement dans la sphère des documents scientifiques non ésotériques (c'est-à-dire destinés à toucher un cercle élargi de destinataires potentiels) à la publication de représentations de chercheurs (Jacobi, 2001).

Ces photographies, prises soit dans les laboratoires, soit à l'occasion de conférences publiques, dressent une sorte de galerie de portraits de chercheurs. Dans des recherches déjà publiées (Jacobi et Schiele, 1989), nous avons pu mettre en évidence des différences sémiotiques notoires selon les traditions disciplinaires et la nature des publications.

Cependant, contrairement à une idée reçue, la mobilisation de portraits de savants n'est pas un phénomène récent, généré par les exigences des moyens modernes de communication. En atteste la figure très populaire en France de Louis Pasteur. Peu de chercheurs ont été aussi souvent montrés en image que ne l'a été Louis Pasteur, l'un des savants les plus célèbres de toute la science française. Paradoxalement, alors que tout semble déjà avoir été dit sur sa tumultueuse présence dans la science de la fin du XIXe siècle (Latour, 1984 et 1995 ; Geison, 1995), aucune recherche de nature sémiotique ne s'est intéressé à l'iconographie pasteurienne.

Certes, les ouvrages sur Pasteur sont tous illustrés tant il est facile de se procurer des images et des illustrations de cette période où elles sont particulièrement abondantes et diverses (Raichvarg, 2002). De son vivant et dès sa disparition en 1895, des milliers de représentations iconographiques de Pasteur ont été diffusées, y compris sous la forme de vignettes à collectionner offertes dans les tablettes du chocolat *Aiguebelle* ou même de timbres-poste officiels. Et les historiens des sciences se sont plu à moquer la ferveur populaire (à leurs yeux très excessive) dont l'illustre savant a bénéficié de son vivant et dans les années qui suivirent sa disparition.

Quelles sont les singularités iconographiques des représentations du plus célèbre savant français ? À partir d'un corpus très restreint d'images et d'illustrations consacrées à Louis Pasteur, nous analysons, d'un point de vue socio-sémiotique et communicationnel, trois types de figures du savant dans des médias. La première portera sur l'un des plus connus de ses nombreux portraits officiels : nous avons choisi le tableau de peinture, conservé au musée d'Orsay ainsi qu'au musée Pasteur à Paris (Edelfelt), que l'on peut considérer comme une peinture-témoignage, une représentation artistique de la vie du laboratoire à la fin du XIX^e siècle.

La seconde appartient à la veine du reportage journalistique tel qu'on le concevait du vivant de Pasteur (revue *L'Illustration*). Enfin, un dernier volet de cette communication pointera évidemment l'une des illustrations iréniques proposées dans les manuels d'histoire de l'École primaire (du milieu du XX^e siècle) dans lesquels Pasteur est à peu près le seul savant régulièrement cité et montré en train de *faire* de la science.

Dans les travaux de recherche sur la diffusion et la vulgarisation des sciences, les illustrations n'ont qu'assez peu fait l'objet de recherches très structurées ou approfondies. Il faut bien reconnaître qu'elles ne faisaient en cela que rejoindre la faible considération dont l'imagerie scientifique faisait l'objet avant la fin des années 1980 où sociologues et historiens des sciences ont commencé à leur prêter attention (Bastide et Latour, 1983). Et quand les recherches sur la diffusion des sciences ont commencé d'accorder du crédit à la présentation imagée de concepts ou de notions, ce fut bien souvent, par un effet de retournement assez classique, en leur accordant un effet de supériorité dans les entreprises d'enseignement ou à des fins didactiques (Paivio, 1986).

Dans tous les cas, c'est une sorte d'*a priori* (pour ou contre le recours à l'imagerie) très réducteur qui a constitué l'objet de la recherche. Contrairement par exemple aux études sur les médias, on a commencé d'abord par se demander pourquoi les scripteurs ajoutaient des illustrations à leurs textes, ou à l'opposé, comment les lecteurs utilisaient ces images en lisant les énoncés, et ce avant même de décrire leurs caractéristiques formelles ou d'analyser leurs propriétés sémiolinguistiques singulières. C'est ce qui a conduit, entre autres, certains chercheurs en éducation à mettre en place des travaux très bien construits, d'un point de vue empirique, mais particulièrement naïfs au plan iconique puisqu'il n'était pas rare de convoquer pêle-mêle des images analogiques, des plages mobilisant des

codes sémiotiques disciplinaires comme celui de la chimie ou de la géologie, des graphiques ou des schémas¹.

Le point de vue retenu dans ce texte emprunte ses méthodes à la sémiotique visuelle. Mais son ancrage est avant tout communicationnel. Pour chacune de ces images, on voudrait tout d'abord les replacer dans leur contexte ou situation de production. Puis, envisager leur dimension de dispositif singulier de communication (un tableau accroché dans une exposition est un dispositif très différent d'une illustration publiée dans un magazine de grand format et imprimé sur du papier glacé). Il s'agit, avant d'esquisser toute hypothèse interprétative, d'épuiser le potentiel informationnel et communicationnel de la scène de la vie scientifique qu'elles ont choisi de montrer. Avant, dans un second temps, de discuter des modes de figuration que ces images construisent et propagent du point de vue de la popularisation de la science.

1. Quand un peintre inconnu célèbre la science (1885-1886)

En 1886, est présenté au *Salon de peinture* — la manifestation phare de la peinture académique — un portrait de Louis Pasteur. Son auteur est un peintre finlandais inconnu : Albert Edelfelt. Venu à vingt ans à Paris pour se perfectionner (il a été l'élève de Jean-Léon Gérôme à l'École nationale des beaux-arts), c'est un peintre naturaliste, amoureux des paysages. Opportuniste, il a compris qu'en cette fin de XIX^e siècle, un peintre ne peut plus se cantonner dans les grands genres classiques portés à des sommets par Ingres ou David (la peinture religieuse et la peinture d'histoire). Ainsi, s'il commence à exécuter des œuvres que l'on serait tenté de qualifier d'*académiques* dans lesquelles, à l'instar de son maître, il met l'accent sur le côté anecdotique des scènes, il peint un grand nombre de portraits de commande.

¹ Pour une typologie des différentes grammaires iconiques convoquées dans les documents de diffusion scientifique, voir Jacobi, 1985.



Fig. 1 Edelfelt *Portrait de Louis Pasteur* (© Institut Pasteur)
Huile sur toile 154 X 126 cm.

Ce portrait pourtant très officiel, contre toute attente, obtient dès sa présentation publique un considérable succès². Il lui fait franchir une nouvelle étape dans sa carrière puisqu'il lui vaut de recevoir la Légion d'honneur. Ce tableau, aussitôt acheté à l'État pour le musée du Luxembourg, est aujourd'hui conservé au musée d'Orsay. Pasteur lui-même, qui avait accepté de poser et avait conseillé l'artiste, passe commande d'une copie du premier tableau qu'Edelfelt exécutera l'année suivante³. Ce second tableau est toujours au musée de l'institut Pasteur.

² Le tableau est exposé au Salon de 1886 et contre toute attente, il remporte un énorme succès et éclipse totalement celui réalisé par le grand peintre français, Léon Bonnat, star de la peinture à cette époque. Le tableau est également exposé à l'Exposition Universelle de 1889 où Edelfelt reçoit la médaille d'honneur (Bauvois, 2006).

³ En remerciement pour son prestigieux modèle, indique Bauvois, Edelfelt aurait voulu offrir le tableau à Pasteur mais le ministre Turquet tenait absolument à l'acheter pour le musée du Luxembourg et il ne pouvait pas refuser une offre d'achat de l'État français. Comme Pasteur aimait beaucoup le portrait, Edelfelt lui a proposé de lui en faire une copie gratuitement. Entre décembre 1886 et mai 1887, il en fait donc une copie qui, selon lui, *était si semblable à l'original qu'à dix pas on ne voyait pas la différence.*

Cette peinture à l'huile sur toile, de grand format (1m54 X 1m26), est de facture tout à fait conventionnelle. Pour se faire une idée de la dimension académique de ce portrait, il suffit de se rappeler qu'à la même période Van Gogh et Gauguin peignaient déjà, tandis que Cézanne exposait ses premières *Montagnes Sainte-Victoire*. Edelfelt ignore aussi l'école symboliste pourtant contemporaine ou le tout jeune courant de l'impressionnisme.

C'est à ce seul tableau qu'Edelfelt doit sa gloire internationale et il le considérait lui-même comme une de ses œuvres majeures. Gwenaëlle Bauvois, doctorante en histoire de l'art, témoigne :

Lorsqu'en France, on me demande sur quoi je travaille, je réponds : « Albert Edelfelt », personne ne le connaît de nom, mais quand je précise : « C'est le peintre qui a fait *le portrait de Pasteur dans son laboratoire que l'on voit dans les livres d'histoire et de biologie français* », alors les gens savent de qui je parle !

Pasteur est représenté au milieu de son laboratoire de la rue d'Ulm, environné du matériel de ses expériences. Il tient le bocal renfermant la moelle épinière du lapin volontairement contaminé à partir duquel il vient de mettre au point le vaccin contre la rage. Ou plutôt, la préparation qui lui a permis de guérir le patient humain (un jeune garçon) auquel il a eu l'audace de l'administrer pour la première fois. On sait que c'est cette découverte qui le fera dès lors considérer comme un « *bienfaiteur de l'humanité* ».

On se doute que la précision des détails n'est en rien due au hasard : le portrait semble être parvenu à capter le scientifique au cœur de l'action. Il semble que Pasteur lui-même tenait beaucoup à ce portrait qui, selon lui, représentait au mieux ce qu'il était vraiment ; il y tenait aussi car il semble avoir conseillé et guidé le jeune peintre : chacun des détails a été prévu et soigneusement réglé. Pasteur est vu du bon côté, celui de son meilleur profil, qui a conservé toute sa mobilité. Son bras gauche, qu'il avait du mal à mobiliser par suite de l'attaque cérébrale qu'il avait subie, est soutenu par un épais livre relié disposé sur la paillasse du laboratoire. Dans sa main gauche, il tient sans doute un feuillet de *notes de laboratoire* tandis que la droite lui permet de rapprocher de sa vue le flacon qu'il observe avec grande attention.

À n'en pas douter, il s'agit d'une moelle de lapin (animal de laboratoire) auquel a été injecté le virus de la rage (à partir d'un chien ou un renard déjà malade). À l'aide d'un procédé de dessiccation, mis au point par un des membres de son laboratoire, un broyat de la moelle de lapin – le vaccin est très grossièrement une sorte de virus atténué – était injecté à l'animal que l'on voulait guérir de la rage⁴. Satisfait de ses essais sur l'animal, on sait que Pasteur a expérimenté, d'abord discrètement, sur au moins trois premiers patients humains, puis, fort d'un premier succès, une

⁴ La thérapie comportait en réalité une série d'injections (une douzaine) à l'aide d'un broyat de moelle de virus de moins en moins atténué de façon à stimuler la production d'anticorps (i.e. les défenses naturelles de l'animal - ou du patient - que l'on voulait, non pas protéger, mais guérir).

nouvelle fois sur un autre patient. C'est cette dernière tentative qui seule sera rendue publique et donnera lieu à une communication devant *l'Académie des sciences*.

Pasteur est déjà très connu et même s'il ferraille avec les Ministres pour obtenir davantage de moyens, on voit qu'il n'est plus dans le modeste grenier dans lequel était installé son premier laboratoire de *l'École normale supérieure* de la rue d'Ulm. Et si le sol n'est pas encore carrelé, on voit que le laboratoire, pourvu de grandes fenêtres, haut de plafond, est vaste, très bien outillé⁵.

Renonçant à une représentation héroïque, le tableau est tout de pondération, dans sa composition comme dans sa lumière. Celle-ci, venant d'une fenêtre invisible à droite, se répartit avec délicatesse, détaillant les objets et le profil attentif de l'homme de science. C'est évidemment cette lumière qui, en contrastant avec l'ombre du bas de la table et la redingote noire, semble comme illuminer d'intelligence le visage barbu et au grand front du savant.

Ce tableau, où tous les détails ont été ainsi choisis et négociés, fixe, pour longtemps et avec une grande exactitude, une série d'éléments invariants qui témoigneront d'une histoire de la science, non pas en train de se faire, mais comme on a choisi de la représenter. Certes, le chercheur est dans son laboratoire, en train d'agir. Mais il est seul, saisi dans une scène de fiction de démarche scientifique. Pasteur est ici, non pas aux prises avec sa perplexité, mais face à sa responsabilité : doit-on tester un vaccin encore balbutiant sur un être humain ? C'est parce qu'il ose accomplir ce geste qu'il va devenir un héros puisqu'il apparaîtra comme vainqueur de ce qu'il a lui-même considéré comme une maladie réputée mortelle (elle sera qualifiée ultérieurement de *fléau de l'humanité*).

2. Un fait-divers passe à la postérité

Cette image est l'illustration qui accompagne l'article paru le 7 novembre 1885 dans la revue *l'Illustration*. Comme la légende l'indique :

⁵ Pasteur voulait que le sol soit carrelé pour qu'il devienne plus facile à nettoyer...



Fig. 2 La vaccination de la rage. Inoculation du virus rabique au berger Jupille dans le laboratoire de M. Pasteur (*L'illustration*, gravure de la page de couverture, 7 novembre 1885), coll. part.

Cette publication bourgeoise et plutôt luxueuse a connu le succès, de manière continue, de 1843 jusqu'à la fin de la seconde guerre mondiale. Sa principale caractéristique, comme son nom le proclame, est son caractère illustré. On sait que c'est Édouard Charton, l'inventeur du *Magasin Pittoresque* qui eut l'idée de cette revue mensuelle qu'il créa avec Dubochet et Paulin. Le mot *illustration*, au sens d'image gravée, associée à un texte imprimé sur un support en papier, apparaît dans la langue française vers 1830, soit peu de temps après la création du *Magasin*.

Le développement des publications, illustrées de gravures, couvre une grande partie du XIX^e siècle. Ce procédé d'illustration sera longtemps concurrent de la photographie. Cette association du texte et de l'image gravée survivra en fait au développement de la photo puisque ces dernières, ne pouvant pas être utilisées directement en imprimerie, étaient reproduites sous forme de gravures.

Si le *Magasin pittoresque* est plutôt un journal de voyage où l'exotisme voisine avec les découvertes des explorateurs de lointaines contrées, l'*Illustration* sera dès sa création un magazine de l'actualité avec

des rubriques régulières. Cependant, *L'Illustration* emprunte au *Magasin* le même usage des images toutes réalisées avec un très grand soin par des artisans-graveurs (qu'il s'agisse de gravures originales ou dites de *reproduction* à partir de dessins ou de photos) dans la tradition de la taille-douce⁶.

Pour Charton, les images constituent bien plus qu'un complément indispensable à la lecture et à la compréhension du texte. Son but est d'emblée de proposer un périodique en images (Lagarde, 2004). Il ne cherche pas seulement à rehausser de luxueuses gravures « hors-texte » les articles qu'il commande, mais il construit le magazine autour des illustrations. Ce sont elles les vedettes et elles structurent la lecture plus qu'elles ne l'agrémentent. Il est en effet persuadé de la force des images. Sa contribution à la recherche d'illustrations disponibles, d'illustrateurs et de graveurs de qualité a été permanente.

Sans les dessins, affirmait-il, il est impossible d'arriver à l'éducation complète des hommes, grands et petits. (...) Un livre sans image pourra être enrichi de graves leçons de morale, et même de connaissances pratiques, mais il n'aura qu'une valeur imparfaite et une influence douteuse, parce que, malgré la propagation des écoles primaires, une bonne partie du genre humain ne saura jamais lire qu'à moitié dans un livre sans image.

Le *Magasin pittoresque* tout comme *l'Illustration* témoigne de l'hésitation en matière de recours à l'illustration : faut-il adopter la photographie ou rester fidèle à la gravure *sur bois de bout* en *taille-douce* ? Le débat n'est pas seulement technique (il faudra pas mal d'années avant que l'on ne sache tramer et reproduire sans difficulté les photos), il est aussi esthétique et idéologique. On juge l'image de reproduction (d'un tableau, d'un dessin et plus tard d'une photo) avec l'intervention inventive et l'interprétation du graveur, à l'aide de moyens graphiques propres, très supérieure aux techniques de fac-simile qui utilisent l'empreinte directe, sans intermédiaire, comme par exemple le fait la lithographie, certes plus fidèle, mais trop mécanique.

Appliqué par exemple à la reproduction de dessins par la lithographie, ou autrement à celle des documents historiques, le fac-simile n'utilise pas apparemment de codage graphique, et il vise à une transmission directe et non médiatisée. Dans la presse illustrée et l'édition des années 1830, c'est donc cette technique dite de *reproduction* par la médiation d'un graveur qui a régné. C'est cette technique qui a assuré, non seulement la transmission des grandes thématiques de l'époque romantique – comme le fantastique et l'histoire — mais aussi s'est imposée au début de la publication des grands ouvrages de vulgarisation scientifique très nombreux pendant toute la seconde moitié du XIX^e siècle (Béguet, édit. 1990).

⁶ En 1881, il pouvait écrire : *Nous pouvons assurer qu'un tiers au moins des gravures du Magasin pittoresque depuis son origine ont été exécutées d'après des dessins originaux (...)*.

Cependant, au cours des années 1850-1880, la production d'images atteint un niveau industriel. Les inventions successives de la lithographie et de la photographie bouleversent les circuits de fabrication et de circulation des images. L'antagonisme bien réel entre estampe (« traditionnelle » et « artistique ») et photographie (« moderne » et « mécanique ») s'estompe et il devient de plus en plus difficile de démêler les genres et les techniques tant elles s'influencent les unes les autres.

La deuxième image que nous avons choisie s'inscrit donc pleinement dans ce contexte technique et on voit bien sur l'image du trio représenté ce qu'elle doit, par sa précision, à la photo et combien, par sa facture, elle s'inscrit dans la tradition de la gravure. Il s'agit très probablement d'une photo (peut-être même posée ?) puisqu'il n'était pas possible de réaliser facilement des instantanés. L'effet de pose est en effet parfaitement visible dans la scène ainsi reconstituée et il ne faut en aucune façon imaginer qu'il s'agit d'une vue improvisée. La scène a été réglée avec méticulosité : la place et la posture de chacun des actants est soigneusement calculée avec leur assentiment. Et le preneur de vue lui-même a en tête un principe d'organisation dépendant, si ce n'est d'un code, en tout cas d'une certaine tradition iconologique.

De la gravure, l'image tire un effet de narrativisation très théâtralisée : on est comme happé par la façon dont les trois acteurs vedettes sont mis en scène dans un décor volontairement effacé, et surtout le regard est complètement focalisé sur le geste du médecin. Il est sur le point de piquer le jeune garçon qui a entrouvert sa blouse dénudant sa poitrine, du côté de son cœur. À la photo, par contre, elle emprunte la précision des attitudes comme celle des détails des vêtements ou des visages.

Ce qui frappe surtout est l'enfant placé au centre de la scène⁷. Il a encore sa casquette, sa blouse et ses galoches de petit paysan qui contrastent avec les vêtements élégants et les souliers vernis du médecin. Son regard soumis et inquiet fixe l'objectif au point de croiser le regard du lecteur qu'il semble prendre ainsi à témoin. Pasteur, à l'arrière-plan, observe et surveille la scène, appuyé sur un meuble. Il est représenté de son « bon » profil et son bras gauche, en partie masqué par le dossier de la chaise, pend le long de son corps.

Ce n'est pas lui qui fait la piqûre puisqu'il n'est pas médecin (la loi sur l'exercice de la médecine vient tout juste d'être votée et lui interdit de le faire). Le médecin est son fidèle ami, le docteur Grancher. On ne voit rien du décor du lieu qui est pourtant son laboratoire de l'École Normale. La gravure a ainsi permis de souligner et renforcer les actants et l'agir en effaçant l'effet de *profondeur de champ* que génère alors la photographie.

Cette illustration est donc une sorte de reportage fidèle. Elle montre à un large public une sorte d'exploit scientifique d'autant plus émouvant que le berger Jupille a été mordu pour sauver de la rage des jeunes enfants qui

⁷ Le visage de cet enfant ressemble assez exactement aux portraits photographiques du vrai Jupille qui sont conservés dans les collections du musée Pasteur.

sortaient de l'école. Héros courageux, il accepte de devenir un cobaye humain au nom du progrès de la science. C'est la première expérimentation sur une personne (en tout cas publique et commentée officiellement) du prototype de vaccin imaginé par Pasteur qui est nécessairement secondé par un médecin.

3. Un manuel d'*Histoire de France* vers 1950

Cette illustration n'est pas une *image d'Épinal*. Elle a été publiée par les Éditions Rossignol (à Montmorillon dans la Vienne) vers 1955⁸. Elle a été disponible sous deux formats : comme image dans un manuel et comme affiche à accrocher sur les murs de la classe (ce qu'on appelait un *tableau d'élocution* destiné à des exercices d'expression orale). Pasteur, en effet, a été pendant longtemps le seul savant cité dans tous les manuels d'histoire de l'École Primaire (niveau CE2 – CM)⁹. Nombreux sont ceux qui ont ainsi montré une illustration du plus célèbre des savants Français.



Fig. 3. *Louis Pasteur*, Affiche n° 66 de la série *Histoire de France*
Impression quadrichromie env. 85 X 55 cm

⁸ Ces posters sont aujourd'hui réédités à des fins décoratives et on peut, pour un prix relativement modique, en faire facilement l'acquisition. Leurs succès est dû en grande partie à ce que ces images rappellent aux adultes leurs souvenirs (scolaires) d'enfance.

⁹ La place accordée aux sciences et aux techniques dans les manuels d'histoire de l'École primaire est des plus réduites. Dans la série des posters Rossignol, *Pasteur*, vedette incontestée, est précédé du seul *Bernard Palissy* et suivi de *Louis Blériot*.

L'image en couleurs est beaucoup plus riche et complexe que les deux autres auxquelles elle emprunte néanmoins de multiples détails. La scène se déroule dans le laboratoire de Pasteur. Néanmoins, le dessinateur a placé la fenêtre en hauteur et on aperçoit des toitures à travers les rideaux. Comme si le laboratoire était le premier occupé par Pasteur à l'Ecole Normale, dans les combles. Au milieu de l'image, un trio s'impose avec force : un médecin barbu aux cheveux roux (à coup sûr, le docteur Grancher), vêtu d'une blouse blanche, assis sur une chaise, se prépare à faire une piqûre dans le ventre d'un enfant d'une dizaine d'années qui a soulevé sa chemise. Derrière, la mère du petit Joseph Meister, que l'on reconnaît à son imposante coiffe alsacienne traditionnelle, semble prier, les yeux fermés.

Pasteur, vêtu d'une redingote, est à côté d'elle, sa main gauche semble posée sur le dossier de la chaise. Il est vu de son bon profil. Un autre personnage important (lui aussi, en redingote, comme le savant), vu de trois quarts dos, observe la scène, face à Pasteur, en se caressant la barbe de sa main droite. Il s'agit peut-être d'un assistant de Pasteur (et si c'est bien le cas, il s'agirait plutôt d'Émile Duclaux que de Roux qui était assez fâché à cette période : il avait le sentiment qu'on oubliait que c'était lui qui avait mis au point le vaccin). À moins que ce personnage important ne soit un représentant de l'*Académie des Sciences* venu authentifier la véracité de la première expérimentation humaine du vaccin ?

Deux autres personnages, secondaires, apparaissent. L'une ressemble à une infirmière, vêtue d'une robe rouge et d'un tablier blanc. Elle tend une cuvette au docteur Grancher que, visiblement, elle assiste¹⁰.

Le second est placé derrière une longue table qui exhibe une panoplie d'instruments de dissection (?). Peut-être s'agit-il d'un autre assistant de Pasteur ou d'un médecin, puisqu'il est revêtu de la même blouse blanche ? Il se tient très en retrait, juste devant une grande armoire vitrée, remplie d'un grand nombre d'instruments scientifiques parmi lesquels on reconnaît un *trébuchet*. Il pourrait s'agir du docteur Vulpian, un autre médecin qui a accompagné Pasteur dans ses travaux. C'est ce que tendrait à prouver le fait que, tout à fait à l'extrémité de la table derrière laquelle il se trouve, on aperçoit un mortier et un pilon. Il s'agit sans doute d'une allusion au broyat de moelle de lapin contenant le virus atténué qui va être injecté et qu'il aurait préparé.

Au premier plan, on aperçoit, soigneusement rangée sur le dossier d'une chaise en bois, la veste du dimanche du petit Joseph ainsi que sa coiffure, posée bien à plat sur l'assise. Enfin, à l'arrière-plan, sous la fenêtre, on devine une paille sur laquelle trônent des cornues et une série de tubes à essais. La scène est très colorée et le bleu du pantalon du petit Joseph, le blanc de la blouse du Docteur Grancher et le rouge de la robe de l'infirmière évoquent sans ambiguïté les couleurs du drapeau Français ... au-dessus duquel flotte la coiffe de la mère de Joseph qui rappelle évidemment

¹⁰ La présence d'une infirmière est assez improbable. On peut se demander si elle ne personnifie pas plutôt une collaboratrice de Pasteur (?).

l'Alsace. L'Alsace qui, comme on le sait, vient de passer sous autorité Allemande à la suite de la défaite de 1870. Ainsi, la victoire scientifique de Louis Pasteur est-elle aussi celle de toute la *Science Française* en train de prendre sa revanche sur la *Science Allemande* (une concurrente redoutable pour la recherche sur les vaccins).

Cette scène est tout à fait improbable quant à la version ainsi dépeinte du point de vue de son authenticité. Si Joseph Meister a bien été parmi les premiers patients auxquels on a inoculé la série de piqûres de broyat de moelle de lapin, la chose avait été tenue assez secrète par Pasteur et son équipe de peur que le remède soit sans effet¹¹. Et il est assez improbable que sa mère l'ait accompagné ainsi revêtu d'un costume de cérémonie déjà désuet dès cette période... C'est la nouvelle tentative, sur le berger Jupille, comme l'atteste le reportage de l'*Illustration*, qui sera, dans un premier temps, rendue publique. Cette scène est donc celle de l'histoire « officielle », telle que Pasteur et plus tard son Institut, la propageront.

Pourtant, en convoquant ainsi cette série d'éléments en apparence hétérogènes, les auteurs ont bien un projet (conscient et organisé) de communication et de popularisation scientifique en direction des enseignants et de leurs élèves. La science ainsi dépeinte n'est pas un projet abstrait et désintéressé de construction de connaissance. Au service de la société, elle n'est qu'un auxiliaire de la médecine, une sorte de discipline utilitaire et très appliquée. Et elle tire plus de gloire du fait que, inscrite dans le contexte de la revanche contre la nation ennemie qui l'avait auparavant deux fois vaincue, elle apparaisse comme pionnière de la résistance et de la lutte.

4. Trois supports et trois modalités de popularisation

Chacune de ces images de Pasteur est en soi un dispositif de popularisation. En effet, le *portrait de savant*, quand bien même serait-il une commande officielle et une peinture de caractère académique, constitue, avec le recul historique, un témoignage de grande valeur dans lequel tout fait sens. Si ici le temps apparaît comme suspendu dans l'emphase d'un portrait que l'on sent posé, il n'en demeure pas moins une certaine tension : celle d'un savant cherchant à explorer l'inconnu. Ou à vérifier une hypothèse trop hardie.

La grande attention proche de la ferveur, l'acuité du regard porté sur le fragment de moelle isolé dans le bocal transparent ancrent l'idée de la démarche expérimentale, résolument inductive et en tout point conforme à l'exemple de Claude Bernard (Dagognet, 1984). Les objets eux-mêmes en témoignent : la connaissance repose sur deux piliers. D'un côté, l'accumulation de connaissances, ce que visualise l'épais volume sur lequel l'autre bras de Pasteur prend appui. Et de l'autre, le microscope rutilant, tout proche, qui avec le flacon déjà cité renvoie à l'observation. La lumière de la découverte irrigue toute la scène et aimante le regard vers la partie haute du

¹¹ Joseph Meister fut récompensé plus tard par un emploi dans l'Institut Pasteur et termina ses jours à Paris en se suicidant.

tableau, au milieu de laquelle le front de Pasteur, baigné de lumière, figure l'intelligence de l'invention.

Au contraire, la photogravure de reportage publié comme un document d'actualité est un saisissant récit en images. Comme si le reporter s'était trouvé là à l'instant même où était accompli le geste audacieux ordonné par un Pasteur étrangement calme, presque rêveur, ou très concentré et déjà sûr du succès de l'entreprise. La scène semble, avec sa valeur évidemment déictique, on l'a montré, prendre à témoin le lecteur. Comme si on voulait que tous les bourgeois lecteurs français de la revue puissent un jour pouvoir attester que Pasteur a bien accompli ce qu'il a décidé de faire.

L'image le montre, certes en retrait, comme au second plan (il ne peut légalement pratiquer lui-même l'injection), mais sa masse noire domine toute la composition ; et sa position plus élevée indique qu'il domine l'événement, qu'il en est bien le véritable ordonnateur. Il n'agit pas, mais c'est lui qui pense l'action. La piqûre, qu'administre de manière besogneuse l'élégant Docteur Grancher, n'est que l'écume de quelque chose de bien plus important qui tient dans la tête de celui qui règle les derniers détails d'un long processus de recherche que l'image exhibe et actualise.

Bien différent est, du point de vue iconique, la représentation de la même scène que propose, il est vrai 70 ans plus tard, un manuel d'histoire de l'école primaire. Autre projet de communication et autre dispositif. Il s'agit, bien entendu, de rapporter un événement du passé mais aussi d'en tirer (au sens figuré) des *leçons*. Tous les protagonistes (et d'autres) sont bien là. La scène n'est plus au présent mais au passé simple : elle est accomplie et une sorte d'aoriste iconique, celui de l'histoire, l'affiche sans ambiguïté. Le même médecin procède à l'injection sur un jeune garçon. Et Pasteur, ici encore en retrait, est l'instigateur de la scène, mais il est moins dominant. Sa taille s'est ajustée à celle d'autres actants qui occupent le même espace et lui disputent la vedette. Pire, des signes symboles forts contribuent à amoindrir la seule dimension narrative qui devient par conséquent anecdotique et comme secondaire. Le geste de Pasteur et de ses seconds est à la fois mis à distance et réinterprété

L'espace de la médecine et du soin domine toute la scène. Sur une même ligne horizontale qui coupe l'image en deux, on trouve, à gauche, l'infirmière, au centre le premier médecin assis et à droite le second derrière la table emplies d'instruments de la médecine (trousse de dissection, pilon de pharmacien). Pasteur est moins savant qu'auxiliaire d'une guérison et, au-delà, de toute la médecine.

Tout aussi important que Pasteur est le personnage que l'on voit de dos. Il est mieux éclairé que le savant. C'est lui qui remplace le lecteur que le regard de Jupille semblait implorer dans l'*Illustration*. Son pantalon à rayures grises et les reflets de ses chaussures vernies le font comme scintiller. Il brille alors que Pasteur, par comparaison, est étrangement terne, comme éteint. Il regarde Joseph qui n'est plus qu'un enfant effrayé, complètement dépassé par l'évènement. Il est très probable que ce personnage qui, pensivement,

observe la scène, est tout à la fois le témoin (d'un moment important) et le juge (de sa portée).

Représentant de l'*Académie* ou historien (?), il est tout à la fois le narrateur et l'évaluateur de la scène dépeinte. D'un côté, il atteste de la réalité de l'événement ; de l'autre, il prépare la publicité de la connaissance, préalable de sa transmission et en évalue déjà la portée et les conséquences pour la Nation.

Mais, par ailleurs, toute l'image est scandée par les grandes ailes de papillon de la coiffe alsacienne de la mère de Joseph. Cette évocation ostentatoire de l'unité nationale (provisoirement) perdue fait de la science une sorte d'outil de revanche. Comme si le génie de l'intelligence pouvait seul venir à bout de la force armée et de la barbarie prussienne puis nazie dont les blessures, à peine 10 ans plus tard, sont encore ouvertes.

5. La popularisation entre archi- et inter-iconicité

Il peut paraître assez extravagant d'examiner avec les mêmes outils sémiotiques des documents iconiques aussi différents et de considérer qu'ils puissent contribuer à un même procès de popularisation de la science. Il est en effet peu banal d'examiner un tableau de peinture en tant que support de popularisation. Dans le cas de Pasteur, compte tenu de la célébrité qui a été la sienne de son vivant, la chose ne se discute pourtant pas. Le portrait d'Edelfelt, couvert de récompenses dès sa première présentation au Salon annuel, fixe dans les mémoires à tout jamais, non seulement l'image du savant, mais aussi celle de son laboratoire (comme un décor qui le contextualise) et de sa posture empirique (à la fois lettrée et scientifique).

L'image de magazine ne joue pas un rôle moins important. En dévoilant publiquement ce qui se passe dans un laboratoire et en montrant une certaine façon de faire de la science et de figurabiliser une découverte, la gravure de magazine l'actualise et l'exhibe en une sorte d'événement condensé en un seul geste. C'est évidemment réducteur... mais particulièrement efficace. Le geste du médecin (la piqûre) que commande Pasteur, qui sera à tout jamais au second plan, est ainsi immortalisé. Tous les manuels d'histoire (ou de biologie) qui voudront illustrer la *Vie-de-Pasteur* ou son *Apport-à-la-science* s'inspireront peu ou prou de ces images.

Plus aucune scène imagée de l'invention du vaccin de la rage ne pourra dorénavant échapper à ces deux sources. Ainsi, l'image n'est en aucun cas un ornement destiné à enjoliver le récit d'un exploit scientifique mais le noyau dur de la diffusion et l'outil essentiel de sa popularisation. Chaque catégorie d'image archive et figurabilise des motifs iconiques et dans le même mouvement les fige. Ils deviennent ainsi éminemment susceptibles de circuler dans l'inter-iconicité.

Tout illustrateur dispose dorénavant d'une trame narrative unique : le chercheur, attendri devant la détresse de l'enfant mordu et menacé de mort, décide d'expérimenter une préparation vaccinale nouvelle. Il demande à un médecin de procéder à la première injection. Et pour réaliser sa planche, il dispose de motifs iconiques invariants (*la silhouette de Pasteur, le grand*

savant, avec son visage couvert de barbe blanche ; le médecin qu'il surveille ; le jeune garçon venu de la campagne ; le laboratoire de la rue d'Ulm ; les instruments scientifiques ; le bocal renfermant un fragment de moelle...). Il ne lui reste qu'à actualiser de façon crédible une série de motifs standardisés en fonction du contexte de communication et du public visé.

En somme, ne faudrait-il pas considérer le portrait peint par Edelfelt et la photogravure du berger Jupille (de l'*Illustration*) comme les fondements d'une archi-iconicité de Louis-Pasteur-en-train-d' « inventer »-le-vaccin-contre-la rage ?

Remerciements

Avant toute chose, une pensée fraternelle pour Michéa Jacobi qui a trouvé dans les archives d'une école publique de Marseille les affiches et les manuels des Éditions Rossignol et les a photographiés. Je remercie également les documentalistes de l'Institut Pasteur et de son musée, ainsi qu'Annick Perrot, conservatrice, Frédéric Escolano (GMS diffusion), Martin Andler, Yves Jeanneret, Alberto Cambrosio, la bibliothèque municipale d'Avignon qui m'a permis de consulter la revue l'*Illustration* ainsi que F.O. collectionneur du Magasin Pittoresque. Ce texte doit beaucoup à mon collègue Daniel Raichvarg qui a contrôlé les informations historiques sur Louis Pasteur et a discuté une première version d'une partie de ce texte.

Références bibliographiques

Françoise Bastide et Bruno Latour, « Essai de science fabrication ; mise en évidence du processus de construction de la réalité par l'application de méthodes socio-sémiotiques aux textes scientifiques », *Études Françaises* 19(2), 1983, p. 111-133. Texte republié en anglais : Latour B. et Bastide, F. « Writing Science. Fact and Fiction : The Analysis of the Process of Reality Construction Through the Application of Socio-Semiotic Methods to Scientific Texts », in M. Callon, J. Law et A. Rip (Eds), *Mapping the Dynamics of Science and Technology*, Houndmills : Macmillan, 1986, pp. 51-66.

Gwenaëlle Bauvois, *Le Pinceau et la Médaille. Les réseaux coopératifs d'Albert Edelfelt dans le champ artistique français. 1874-1905*, Joensuu University Press, Joensuu, (Finlande), 2007.

Bruno Béguet (dir.), *La science pour tous. Sur la vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914*, Paris, Bibliothèque du CNAM, 1990.

Alberto Cambrosio, Daniel Jacobi, Peter Keating, « Intertextualité et archi-iconicité : le cas des représentations scientifiques de la réaction antigène-anticorps », *Études de Communication*, n°27, « Analyse communicationnelle et épistémologie des sciences sociales », Lille3, 2004, pp. 75-93.

Alberto Cambrosio, Daniel Jacobi, Peter Keating, « Arguing with Images. Pauling's Theory of Antibody Formation », *Representations*, vol. 89, pp. 94-130, 2005 ; article republié dans l'ouvrage : Pauwels, L (dir.), *Visual Cultures of science*, University Press of New England, 2006, pp. 153-194.

François Dagognet, *Préface de* : Bernard, Claude, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1984 [1865]), Flammarion.

Gerald L. Geison, *The Private Science of Louis Pasteur*, Princeton University Press, 1995.

Daniel Jacobi, « Références iconiques et modèles analogiques dans des discours de vulgarisation scientifique » - *Information sur les sciences sociales*, 24, (4), - Sage, London, 1985, pp. 847-867.

Daniel Jacobi, « Contemporary and Prototypic Figures of Immunology in the Medical Press », in Cambrosio, A. & Moulin, A-M (dirs.), *Singular selves ; historical issues and contemporary debates on Immunology*, Elsevier, 2001, pp. 215.227.

Daniel Jacobi et Bernard Schiele, « Scientific Imagery & Popularized Imagery ; Differences & Similarities in the Photographic Portraits of Scientists », *Social Studies of Science*, 19, pp. 731-753, Sage, London, 1989.

Annie Lagarde et Christian Lagarde, *Édouard Charton et le combat contre l'ignorance*, Presses Universitaires de Rennes, Collection Carnot, 2006.

Bruno Latour, *Les Microbes : guerre et paix, suivi de Irréductions*, A.-M. Métailié, 1984.

Bruno Latour, *Pasteur, une science, un style, un siècle*, Perrin et Institut Pasteur, 1995.

Allan Paivio, *Mental representations : A dual-coding approach* New York, Oxford University Press, 1986.

Daniel Raichvarg, *Louis Pasteur, l'empire des microbes*, Découvertes Gallimard, 1995.

Corpus

Edelfelt, A. *Portrait de Louis Pasteur*, Huile sur toile, Musée d'Orsay et musée Pasteur, Paris, 1886.

Anonyme, 7 novembre 1885, Illustration titrée : *La vaccination de la rage ; inoculation du virus rabique au berger Jupille dans le laboratoire de M. Pasteur*, *L'illustration* (couverture de la revue)

Anonyme, vers 1955, *Louis Pasteur*, Affiche n° 66 de la série *Histoire de France* (niveau CE2-CM), Montmorillon, Imprimerie Rossignol.

La sémiotique des textes scientifiques depuis le travail de Françoise Bastide

Bruno LATOUR
*Université des Sciences Politiques,
Paris*

C'est avec Paolo Fabbri qu'il y a exactement 30 ans nous avons publié le premier article de sémiotique des textes scientifiques. Celle qui nous avait réunis à l'époque s'appelait Françoise Bastide, elle est malheureusement morte en 1988 et n'a donc pas pu assister au développement de l'idée qu'elle avait initiée. En effet, après avoir consacré une large partie de sa vie à disséquer les reins dans les laboratoires de F. Morel au Collège de France, elle a dédié la deuxième partie de son existence à disséquer les textes – dont certains portaient d'ailleurs sur les reins –, en utilisant non plus les méthodes de physiologie de Morel, mais les méthodes de sémiotique de A. J. Greimas.

Il y avait un paradoxe dans le travail de Françoise Bastide qui m'a toujours intéressé et sur lequel je voudrais revenir aujourd'hui. Bien qu'elle ait étudié le texte en lui-même, selon les principes les plus sévères de son maître Greimas, elle était aussi une remarquable praticienne de la production physiologique. Tout son travail de sémioticienne, en particulier le livre qu'elle a publié en italien *Una notte con Saturno*¹ est parcouru d'une grande attention aux outils de la sémiotique, ce qui est en contradiction permanente avec la connaissance de son autre pratique de la physiologie. C'est cette tension que je voudrais approfondir en la présentant d'une façon un peu provocante avec deux propositions, la première étant qu'il n'y a pas d'image scientifique, et la deuxième que ce type de phénomène appelé à tort « image scientifique » ne peut pas être décrit par la sémiotique, en tout cas pas telle qu'on la définit habituellement.

¹ Bastide, F. *Una notte con Saturno : scritti semiotici sul discorso scientifico*, éd. établie par Fabbri P. et Latour B., Rome, Meltemi, 2001.

Sur ce premier point de l'absence d'image scientifique, il faut rappeler l'importance de l'argument venu de la sémiotique et qui a eu un impact très important sur l'histoire et la sociologie des sciences ; nous devons cette trouvaille à Paolo Fabbri mais aussi à Françoise Bastide qui l'avait déjà développée dans plusieurs de ses articles. Leur proposition consiste à traiter l'article scientifique, mais non plus l'article de vulgarisation « anthropologisé » ou historicisé par le fait qu'il est ancien, il s'agit pour eux d'étudier les articles de production dans toute leur matérialité, leur complexité, leur nouveauté, tels qu'ils sortent tous les jours par milliers des presses scientifiques. Dans cette démarche, les outils de la sémiotique ont été très utiles, les parcours étudiés par Françoise Bastide ont permis de transposer la notion de référent interne qui est un des grands arguments de la sémiotique greimassienne, dans les textes scientifiques. L'effet du croisement entre sémiotique et science établi par Françoise Bastide a été d'une puissance tout à fait étonnante et a reposé les bases du problème en permettant de remplacer par des interrogations passionnantes la question qui jusqu'ici s'appliquait en philosophie à des énoncés aussi peu riches et intéressants que « tous les canards sont blancs » ou « tous les signes sont noirs », et restait bloquée dans le problème extrêmement usé de la représentation, de l'objectivité, ou du discours soi-disant descriptif.

Il y a donc eu grâce à son travail une ouverture énorme du corpus, qui s'est accompagnée d'une prise de conscience capitale, on a compris que le référent interne en science est produit par un phénomène que Françoise et moi avons appelé le *feuilletage* du texte scientifique. La caractéristique même d'un texte scientifique dans son développement historique est de passer d'une page en prose à une page qui se trouve feuilletée par des matières d'expression très différentes, qui vont du titre au sous-titre, à l'abstract et aux notes. Ces plans différents ne sont que le premier aspect du feuilletage, le plus facile à saisir et qui est d'ailleurs devenu l'objet d'une scientométrie extrêmement poussée. Il y a aussi différentes couches d'expressions à l'intérieur du texte, qui se forment dans la multiplicité des plans d'expression et vont généralement, pour résumer, des équations aux tables, aux images, aux photographies, aux légendes.

Ce feuilletage du texte scientifique est devenu en histoire des sciences un indice même du mot scientifique, au point qu'on peut quasiment intervertir l'adjectif scientifique en le qualifiant par l'intensité de ce feuilletage dans l'histoire d'une discipline. En effet, si vous prenez une discipline scientifique, elle commence en prose, et son degré d'objectivité, de scientificité, de dureté se manifeste par l'apparition de ce feuilletage qui devient donc très significatif.

Inversement, on peut parler de l'indice littéraire de ce feuilletage, qu'on peut voir par la transformation d'un texte littéraire en un texte qui donne l'impression d'être scientifique quand il est rendu feuilleté, c'est-à-dire quand on multiplie les plans d'expression, qu'on rajoute des notes en bas de page, qu'on voit des tables, lesquelles tables sont elles-mêmes transportées dans des photographies, les photographies transformées dans des légendes,

etc. Assez peu de romanciers ou d'artistes le font mais les effets sont très forts, cette opération littéraire donne immédiatement un style scientifique à un texte de littérature.

Le troisième indice est pédagogique, si vous « défeuilletez » un texte scientifique, c'est-à-dire si vous le retransformez en prose, il devient un texte de popularisation ou de vulgarisation. L'exemple est très clair dans le cas de Luminet qu'a observé M. G. Dondero², on le retrouve aussi dans les revues de popularisation qu'a étudié D. Jacobi³ il y a déjà un certain temps.

Les notions de référent interne et de feuilletage permettent de qualifier de façon assez précise cette transformation caractéristique du texte scientifique. L'indice littéraire du feuilletage me permet de résumer mon premier point qui est un fait fondamental révélé par la sémiotique : le texte scientifique n'a rien à voir avec ce qu'on appelle un style impersonnel, objectif ou descriptif. On a au contraire une prolifération d'inventions littéraires pour produire ce référent interne extraordinairement riche. Avec Françoise Bastide nous avons appelé cela le caractère *opératif* des scientifiques dans le sens où ils sont de vrais opéras, même s'ils n'ont pas beaucoup de lecteurs, par la dramatisation et les transformations, extrêmement profondes et rapides parfois, des objets circulants et le vertigineux feuilletage progressif qui permet de définir le référent interne.

Notre approche a posé quelques problèmes sur les questions du réalisme et de la notion de représentation prises dans leur sens classiques. Mais je crois qu'avec les travaux de L. Daston sur l'histoire de l'objectivité comme style et comme esthétique, depuis le XVI^e jusqu'au XX^e siècle⁴, et l'éclairage qu'elle a porté sur la représentation scientifique, on peut maintenant admettre que ce qu'on veut communément dire par « scientifique » n'a rigoureusement aucun rapport avec le *texte scientifique*. Et que donc l'épistémologie, toute la question de l'objectivité et de la représentation, ne sont finalement qu'une version très petite, une espèce de petit canton, ou une petite province littéraire de la philosophie, et particulièrement de l'épistémologie.

De même, l'idée de représentation telle qu'elle a été importée en épistémologie est largement un artéfact de l'histoire de l'art, cela a été montré également par L. Daston⁵ et par d'autres. J'ai résumé cet argument de manière un peu provocante en disant que John Locke avait vu trop de natures mortes pendant la longue période où il a habité Rotterdam et Amsterdam, et que donc l'épistémologie que nous avons hérité de lui est très largement due

² Dondero, M. G. « Les images anachroniques de l'histoire de l'univers », *E/C*, revue en ligne de l'*Associazione italiana di studi semiotici*, à l'adresse : http://www.ec-aiss.it/contributi/dondero_10_09_07.html.

³ Jacobi, D., *Diffusion et vulgarisation : itinéraires du texte scientifique*, Paris, Belles Lettres, 1986.

⁴ Le XX^e siècle est abordé dans son dernier livre, en collaboration avec Peter Galison, *Objectivity*, Cambridge, Zone Books, 2007.

⁵ Daston, L. « Objectivity and the Escape from Perspective », *Social Studies of Science*, vol. 22, n° 4, 1992, pp. 597-618.

à un hasard professionnel par lequel il a vécu dans la même rue que ces peintres.

Pour donner la version positive de mon premier point, on peut dire qu'on est maintenant délivrés, grâce à la sémiotique, de toute une série de propositions concernant l'objectivité scientifique. Car en se situant à l'intérieur des textes scientifiques, on s'aperçoit qu'ils ont la particularité de construire des référents internes par un feuilletage progressif qui fait changer les plans d'expression. C'est à ce moment de l'avancement de notre recherche que malheureusement Françoise Bastide nous a quittés.

Le problème suivant, qui marquera mon deuxième point, est très délicat, la façon d'aborder le référent interne que nous avons découverte pose néanmoins un problème à la sémiotique, problème qu'elle a presque toujours essayé d'éviter, parce qu'elle s'intéressait en priorité à des textes littéraires. Ce problème a été dévoilé par le test que Françoise Bastide voulait faire subir, avec son exquise politesse et sa modestie admirable, à la théorie de Greimas, qui consistait non pas à appliquer la sémiotique aux textes scientifiques, mais à voir en quoi le texte scientifique allait permettre de mettre à l'épreuve une définition de la sémiotique.

Avant d'avancer je dois expliquer pourquoi il est important de ne pas parler d'images scientifiques. La raison en est assez simple, il n'y a pas d'images scientifiques. Pour décrire ce problème, nous avons proposé avec Paolo Fabbri il y a déjà 30 ans, la notion d'*inscriptions*, lesquelles n'ont pas, la plupart du temps, le statut d'images. A partir de là, la question qui se pose au texte scientifique n'est plus simplement celle du référent externe au sens classique du terme – la philosophie continue de s'en occuper mais la sémiotique nous en a délivré –, elle s'ouvre sur le champ tout à fait différent de la production des preuves à l'intérieur de ces chaînes, de ce feuilletage si typique du texte scientifique. Autrement dit, c'est dans les textes scientifiques que se produit l'ensemble des transformations qui vont par exemple d'un phénomène inconnu à un phénomène connu, ou d'un phénomène instable à un phénomène stable. C'est dans le texte que l'on a au début l'absence d'un microbe qui devient certitude qu'il existe à la fin de l'article, du moins pour ses auteurs, étant le résultat d'une série de transformations du mode d'expression qui sont parfois vertigineuses ; je vous rappelle la belle thèse qui avait été faite sur la microscopie électronique⁶, il y a déjà bien longtemps, qui comptait à peu près cent cinquante pas successifs dans la production d'une image dans ce domaine.

Ainsi l'image n'est jamais le point final de l'article, elle n'est que l'un des éléments idéctiques à l'intérieur du texte, soit qu'elle désigne un seul des points de l'image dont il est question, ou bien qu'elle ait pour unique fonction de simplifier des jugements perceptifs. Avec l'image scientifique, on a un objet qui est tout à fait en dehors de la problématique des images et qui va

⁶ Mercier, M., *Recherches sur l'image scientifique : genèse du sens et signification en microscopie électronique*, 1987, Université de Bordeaux.

permettre d'introduire une distinction entre les personnages et les ressources de la sémiotique. On pourra donc étudier les personnages de fiction, mais aussi un autre phénomène, assez différent, l'engagement de ces personnages de fiction dans la chaîne référentielle. Cette dernière ne signifiant pas ici « référence externe » nous l'avons compris, mais continuation de la chaîne référentielle du texte à l'intérieur du laboratoire ou à l'intérieur de la communauté scientifique. Car le feuilletage du texte scientifique n'est qu'un des éléments dans une chaîne de production de la conviction, qui commence maintenant à être relativement bien étudiée.

Parmi ces études, il faut citer le texte de Shapin et Schaffer sur l'histoire même de l'ennui⁷ dans les textes scientifiques, le style et la rhétorique volontairement ennuyeuse de Boyle, qui a permis d'assez bien comprendre l'invention de ce qu'on a appelé ensuite – les philosophes se trompant assez souvent sur ce genre de question –, le style objectif ou simplement descriptif, alors qu'il s'agit au contraire d'une rhétorique très bien élaborée, comme le montre Shapin. Il y a également le très beau texte de Licoppe sur l'histoire de la transformation des textes scientifiques depuis le XVII^e siècle⁸, et bien sûr le travail de P. Galison et L. Daston, qui s'étend dans plusieurs livres. Cette image étant maintenant comprise comme un moment dans une cascade de transformations à l'intérieur du texte, le texte lui-même n'étant qu'un segment à l'intérieur d'une cascade de transformation de la conviction. Ce phénomène ne se retrouve pas dans les documents littéraires, le travail de F. Ait-Touati⁹ porte justement sur la distinction au XVII^e siècle entre les êtres de fiction qui vont continuer à peupler les textes de fiction, et ceux qui vont être en quelque sorte tenus et maintenus par l'obligation du retour.

Au fond la nouveauté telle que l'on commençait à la faire émerger avec Françoise Bastide avant sa disparition revient à dire que tous les êtres scientifiques, tous les êtres sémiotiques d'un texte scientifique sont évidemment des personnages de fiction ; on ne voit pas comment on pourrait parler des trous noirs, des microbes, des cellules s'il n'étaient pas des êtres de fiction. Mais ils subissent une contrainte extraordinairement forte qui n'est pas seulement celle du débrayage, de l'envoi dans des cadres de références, mais aussi celle du *retour*. L'exigence de retour, c'est-à-dire que le doigt des collègues qui lisent un article vienne pointer sur un dessin à l'intérieur d'un

⁷ Shapin, S. et Schaffer S., *Léviathan et la pompe à air : Hobbes et Boyle entre science et politique*, Paris, La découverte, 1993.

⁸ Licoppe, C., *Instruments, travel and science : itineraries of precision from the seventeenth to the twentieth century*, ed. by Marie-Noëlle Bourguet, Christian Licoppe and H. Otto Sibum, New York, Routledge, 2002.

ou Licoppe, C., *La formation de la pratique scientifique : le discours de l'expérience en France et en Angleterre, 1630-1820*, Paris, La Découverte, 1996.

⁹ Ait-Touati, F., « La découverte d'un autre monde: fiction et théorie dans les œuvres de John Wilkins et de Francis Godwin », article accessible dans la revue en ligne *Epistémè*, à l'adresse :

<http://www.etudes-episteme.org/ee/mobile/dwnld.php?lng=fr&pg=151&id=1>

texte, et exige en quelque sorte que le répondant de ce dessin soit lui-même exhibé, cela fait le caractère très original de cette situation qui ne se retrouve pas dans beaucoup de domaines littéraires.

Donc le point fondamental, celui qui rend la question de l'utilité des outils de la sémiotique un peu plus incertaine, c'est en quelque sorte celui de l'accès au lointain. La nécessité de produire des informations en accédant à des phénomènes qui sont inaccessibles, soit parce qu'ils sont trop loin, trop petits ou trop anciens, exige de faire subir aux êtres de fiction qui peuplent les textes scientifiques une pression, une exigence de retour, de réembrayage qui caractérise la chaîne de conviction scientifique et ne rentre pas dans des catégories faciles à sémiotiser.

Il y a un troisième point de divergence encore plus accentué que les précédents, même si la sémiotique a permis une description pour la première fois non formelle des formalismes du texte scientifique, il n'en reste pas moins que nous sommes dans l'ignorance la plus totale sur les êtres mathématiques eux-mêmes, et en particulier sur cette forme essentielle qu'est l'*équation*. La caractéristique très intéressante de feuilletage des textes scientifiques est justement que l'on peut passer en quelques pages d'une photographie à une table, à un graphe à une équation, et dans l'autre sens. Autrement dit, c'est dans la série de transformation qu'il faudrait être capable de caractériser les êtres de fictions qui sont les éléments de ces chaînes. Le moindre article scientifique, de science ou de *nature* multiplie ce genre de pas, c'est donc ce pas là que la sémiotique des textes scientifiques doit pouvoir étudier, or c'est justement celui sur lequel nous restons dans une grande ignorance. Quand je dis « description non-formaliste des formalismes », je veux par là signaler que c'est un problème de la sémiotique qui reste très important, celui de la prétention formaliste de la sémiotique elle-même qui, il faut le reconnaître, ne la rend pas tout à fait adaptée pour la production d'une description non formelle des formalismes. Ce qui se fait marche très bien avec des êtres qui sont un peu riches du point de vue fictionnel, par exemple des microbes qui se transforment visiblement très rapidement du début à la fin d'un texte. Mais lorsqu'on arrive aux équations, à ce genre littéraire très particulier qu'est le texte de modélisation et de simulation, la sémiotique rencontre un problème opératoire entre une version pragmatique et une version formaliste de son propre métalangage et qu'elle n'a pas résolu.

Est-ce que la sémiotique est équipée pour faire ce travail ? Ce n'est pas forcément sûr. C'est pour cela que je ne suis moi-même pas sémioticien, sinon, amateur, et qu'il m'a toujours fallu le croisement avec Garfinkel, pour être non pas dans une sociologie, mais une socio-sémiotique, ou une pragmatique s'inspirant autant de James, de Fleck ou de Dewey que de Greimas, Fabbri ou Fontanille. Ce n'est pas une critique et je ne cherche pas à réactiver le débat usé de la sociologie sémiotique, car son issue dépend nous le savons de la question : « quelle sémiotique accroche-t-on à quelle sociologie ? »

Il est temps dans notre questionnement de retrouver l'image, j'en viens donc à la fin de mon troisième point. Le problème est qu'il n'y a pas d'image scientifique nous l'avons dit ; mais il y a des étapes dans une transformation, c'est cette transformation qui est le phénomène principal, l'originalité même de l'activité scientifique, et c'est sur ce phénomène que l'on n'a pas de prise. La question de cette affaire a été très bien thématisée par P. Galison dans le catalogue de l'exposition *Iconoclash*¹⁰, il explique qu'on peut reconnaître qu'il y a, de même que la querelle des images dans le domaine religieux et dans le domaine artistique, une querelle des images interne à l'histoire des sciences que l'on peut résumer ainsi : on ne peut pas se passer d'images et en même temps il n'y a pas d'images en sciences.

Ces deux énoncés font un « iconoclash », c'est le néologisme que nous avons inventé pour décrire ce rapport paradoxal à l'image. La conséquence de cette situation est que toute définition d'une image scientifique est obtenue par un arrêt sur image, c'est-à-dire par l'extraction de l'image d'un flux de transformation, alors que c'est ce flux de transformation qu'on veut saisir sans y arriver. Par suite, on peut dire pour résumer un argument très long, qu'une image isolée en science n'a pas de référent, pas de force référentielle. La preuve en est donnée *a contrario* par ce qu'on appelle les exposés de popularisation scientifique, dont l'étude relève d'une extraordinaire difficulté parce qu'ils ont des images, mais qu'elles n'ont plus la référence. Ces textes de popularisation n'ont plus la série des transformations, ils ont donc à faire, comme l'a montré D. Jacobi¹¹, à des images mensongères du point de vue du mode de production si particulier de l'activité scientifique. Ainsi, et c'est un très beau paradoxe, la mise en ligne d'une image de chimie¹² scénarisée, mise en diaporama qui lui-même scénarise des transformations pour ainsi faciliter de manière esthétique et pédagogique son emploi, serait considérée à l'intérieur même de la production de la biochimie comme une image triplement mensongère, au sens où il n'y a plus de référence dans cette image ; elle est très belle, elle est interactive, elle est utilisée de façon magnifique pour la formation des futurs biochimistes, et néanmoins, elle n'a pas de référence.

Pourquoi dit-on qu'elle n'a pas de référence ? Je rappelle qu'on parle ici de la chaîne de transformation et non de l'antique question de la représentation et du référent externe. L'image scientifique ou vulgarisée n'a pas de référence parce que l'opération par laquelle on l'obtient consiste à l'en isoler, à la prélever sur le flux et à faire un arrêt sur image, et que c'est de cette donnée qu'on tirera soit l'équation, soit la table, soit la photographie, soit l'image finale ; ainsi on ne peut considérer, par exemple, qu'une image de microscopie électronique ait un référent. C'est un problème important

¹⁰ *Iconoclash. Beyond the Image Wars in Science, Religion and Art*, Karlsruhe, Edited by Bruno Latour and Peter Weibel, MIT Press and ZKM, 2002.

¹¹ Jacobi, D., 1985, *idem*.

¹² Comme en parle Eléni Mitropoulou, « Image, discours et scientifique *en ligne* », *ici-même*.

pour la sémiotique qui utilise souvent des images de contrôle, une large partie du corpus de Fontanille est faite de ces images. Or les images de contrôle sont un régime complètement différent de celui des images scientifiques, puisqu'il ne s'agit pas de phénomènes nouveaux, et qu'on essaye par elles de stabiliser et d'amener la conviction des pairs à partir d'une image où il y a très clairement un pattern qu'on cherche à faire coïncider avec une série de données. On ne peut étudier ces images comme celles de la science, ou à ce moment-là il faudrait considérer ce qui apparaît sur l'écran de l'aéroport qui vérifie nos bagages au rayon x comme une image scientifique, et ceux qui s'ennuient à regarder passer nos paquets comme des scientifiques, ce qui n'aurait pas beaucoup de sens, même si l'instrument lui-même incorpore une masse très importante de données.

Le problème est donc, c'est le quatrième point que je voudrais soulever, de savoir quel est le phénomène qui depuis le début – je suis triste de dire que cela fait trente ans que je me pose cette question sans avoir beaucoup avancé – remplace la question de l'image en science. Quel est le phénomène qui remplace les études multiples, les centaines de titres publiés et des centaines de personnes qui étudient la question de l'image scientifique, en historiens et de beaucoup d'autres façons ?

A cette question, on peut répondre par un problème plutôt que par une solution. Fontanille avait abordé ce problème sous la forme contradictoire d'hétéromorphie¹³ et d'isotopie ; en effet il n'est pas extraordinaire qu'un analyste aussi attentif que Fontanille, travaillant de près un corpus – même fait à la façon des sémioticiens, c'est-à-dire qu'on ne sait jamais comment leur corpus est constitué, mais c'est une petite querelle de sociologue –, arrive à définir ce phénomène contradictoire. Car il est effectivement frappant dès qu'on étudie les pratiques scientifiques, voici comment on peut le formuler : quelque chose est conservé à travers les transformations, qui n'est pas de l'ordre du contenu mais de celui de l'expression. Ce phénomène est extrêmement repérable lors de l'observation, et cela quel que soit le chemin par lequel on y arrive, soit par la sémiotique, soit par la physiologie de l'œil, ou la théorie du signal, on trouve toujours quelque chose qui est de l'ordre de ce qu'on appelle transfert, ou traduction, et que j'avais appelé de façon unifiée les *mobiles immuables*. Cela relève de la grande question que pose le fait qu'on parvienne au travers des modifications du plan de l'expression, à maintenir quelque chose qui soit constant. L'obsession, ce qui empêche de dormir les scientifiques de quelque discipline que ce soit est de savoir comment obtenir, malgré les modifications du plan de l'expression, quelque chose qui se maintienne à travers la série des transformations et qui n'est pas de l'ordre du contenu. Il suffit de prendre un exemple de production scientifique pour retrouver ce problème, je vous renvoie à mon article sur les

¹³ Fontanille, J. « Le réalisme paradoxal de l'image scientifique », ici-même.

pédologues¹⁴, qui étudie la transformation du sol à l'article, mais cela vaut pour des cas beaucoup plus complexes, en astronomie ou en archéologie comme ceux qu'étudie M. G. Dondero¹⁵.

La notion de « mobiles immuables » n'est pas une solution, c'est l'indication du problème, sur lequel nous séchons collectivement depuis trente ans. Pourquoi ? parce que nous continuons à isoler soit le texte alors qu'il n'est qu'un événement dans la chaîne de transformation, soit dans le texte l'image alors qu'elle n'est qu'un élément qui perd sa référence dès qu'elle est isolée. Et nous n'arrivons toujours pas à caractériser ce mouvement de transformation sinon en le désignant par le nom contradictoire de mobile immuable. Heureusement, les historiens commencent à nous permettre de suivre l'histoire de ces mobiles immuables, en remontant au début. Je ne vais évidemment pas résumer ici l'histoire des mobiles immuables. Mais je voudrais pointer une chose qui me semble décisive, issue du livre qui va nous permettre de réconcilier les théories des images, les théories du texte et les théories des mobiles immuables. Il s'agit de l'ouvrage¹⁶ de cet extraordinaire classiciste de Stanford, Reviel Netz sur la question des diagrammes, leur invention et celle de la déictique dans la géométrie grecque. Il nous montre que le problème des textes scientifiques, à l'intérieur desquels les images ne sont que des moments, des éléments de feuilletage, tient à ce que nous prenons pour acquise la fusion entre image et géométrie, alors qu'elle est le résultat d'une histoire de plusieurs siècles dont au moins un des fils date des Grecs. L'autre fil bien connu est la fusion des images avec le calcul perspectif, sur cela je renvoie aux nombreux travaux qui ont été fait, en particulier par W. M. Ivins¹⁷. Le troisième événement de cette histoire a été étudié entre autres par P. Galison, il s'agit de l'instrument dont l'invention permet de définir de façon géométrique des images qui sont elles-mêmes un des éléments dans la transformation. Enfin le quatrième moment est la numérisation.

On voit bien avec tous ces éléments que quand nous commençons à étudier les images scientifiques, nous héritons au moins de ces quatre transformations qui ont fusionné, auxquelles se rajoutent le Web et surtout l'interactivité qui accentuent ces transformations et rendent très difficile l'analyse de ce qui est compacté à l'intérieur même de la notion de mobiles immuables. La chaîne de référence devient évidente lorsque nous regardons

¹⁴ Latour, B., « Sol amazonien et circulation de la référence », dans *L'espoir de Pandore, pour une version réaliste de l'activité scientifique*, 2001, Paris, La Découverte, pp. 40-87.

¹⁵ Dondero, M. G., « Le temps et sa représentation : les cas de l'astrophysique et de l'archéologie », *Nouveaux Actes Sémiotiques* en ligne, actes du colloque « Les images scientifiques, de leur production à leur diffusion », Allamel-Raffin, C. (dir.) Disponible sur : <http://revues.unilim.fr/nas/document.php?id=2587>.

¹⁶ Netz, R., *The transformation of mathematics in the early Mediterranean world : from problems to equations*, New York, Cambridge University Press, 2004.

¹⁷ Ivins, W. M. (jr), *On the rationalization of sight, with an examination of three renaissance texts on perspective*, New York, the Metropolitan Museum of Art, 1938.

notre palm pour retrouver par GPS notre route, mais ces expériences quotidiennes nous banalisent en quelque sorte les chaînes référentielles, elles ont hérité d'une telle succession d'outils que nous avons beaucoup de peine à en peler en quelque sorte les couches successives.

Le livre de Reviel Netz porte sur le point le plus fondamental de notre relation à l'image, la première couche, qui est l'invention de cette situation très particulière : un groupe de géomètres grecs inventant ce que c'est que de définir des mobiles immuables, qu'il appelle lui des *transferts de nécessité*. Les recherches de Netz ont été marquées, je le rappelle, par la trouvaille extraordinaire d'un parchemin de textes d'Archimède accompagnés de diagrammes, qui offrait pour la première fois la possibilité d'avoir les deux aspects réunis et a permis de comprendre ce qui avait stupéfié les Grecs dans cette pratique de la science. Netz montre que leur stupéfaction dépendait de raisons tout à fait différentes de celle que les philosophes qui en ont tiré des conséquences épistémologiques avaient comprises, et qu'ils ont réduites à l'opposition de la notion de science comme discours droit avec celle de discours métaphorique. Cette version de l'histoire, comme le dit Netz avec beaucoup d'humour, est le « film » tiré de la pratique des géomètres grecs, sans être du tout ce qu'ils faisaient.

Lui décrit au contraire ce qu'ils faisaient avec beaucoup de précision. Ils désignaient par des déictiques des morceaux du diagramme, qui est bien dessiné par le géomètre, et sa transformation du début de la démonstration à la fin a pour fonction de maintenir des nécessités à travers la série des transformations. La découverte de ce mode de description qui permet à chaque fois de voir à l'œil et de désigner du doigt, à condition d'avoir le diagramme et le texte correspondant, ce transfert de nécessité est celui qui va éblouir aussi bien Euclide qu'Archimède, et va servir de modèle à toute forme de description scientifique. L'intérêt des études de Netz est d'observer cela avant les effets d'une longue histoire qui a relié cette notion de « transfert de nécessité » géométrique avec le dessin, situation qui est la nôtre, obtenue après mille cinq cents ans de distinction et de différence, y compris celle de et de la numérisation.

On commence donc à pouvoir constituer une histoire sémiotique du transfert de nécessité à travers les feuillets successifs qui sont si caractéristiques du texte scientifique. Ce qui a pour grand intérêt de permettre d'aborder enfin sérieusement la sémiotique des équations et des êtres mathématiques. C'est une question absolument passionnante sur laquelle il n'existe à ma connaissance que quelques textes ; on connaît maintenant beaucoup de choses sur les diagrammes, grâce en particulier au livre de Netz, mais on reste très incertains sur le statut des équations en particulier lorsqu'elles sont un des éléments d'une transformation phénoménologique à l'intérieur d'un texte scientifique, précédées dans l'article d'un tableau de chiffres, lui-même précédé d'une photographie, elle-même précédée d'une description en prose, cet enchaînement formant une série de transformations. Si on arrivait à capter le moment de concentration le plus extrême qu'est celui des équations, on aurait alors abordé une question fondamentale qui

permettrait de résoudre ce que j'appelais au début le paradoxe de Françoise Bastide. En effet, bien qu'elle ait étudié le texte en l'isolant le mieux possible de l'ensemble de son contexte, en bonne greimassienne, – il était important qu'elle procède ainsi pour ne pas tomber dans une sociologie qui à l'époque aurait beaucoup banalisé ses propos – elle pointait aussi de façon indirecte sur l'expérience de la chaîne de transformation, qui n'a pas d'existence en sémiotique, à cause de sa connaissance de la physiologie et de l'écriture scientifique et qu'elle avait travaillé toute sa vie en découpant des reins chez Morel.

Cette expérience n'est pas encore intégrée dans le cadre de la sémiotique et pour le dire de façon provocante, je pense que la sémiotique est très mal armée pour aborder cette question de la chaîne référentielle. C'est une conséquence de la théorie du signe reposant sur le signifiant- signifié qui est un artéfact de l'étude de texte de fiction. Ce dispositif est inintéressant pour étudier l'activité scientifique où le problème fondamental n'est aucunement celui du signifiant et du signifié, mais celui d'un rapport très étrange avec le texte, demeuré extraordinairement étranger à la philosophie des sciences jusqu'à maintenant, qui est le maintien d'une constante à travers les modifications du plan de l'expression. L'énigme que nous pose le travail de Françoise Bastide nous aide à comprendre cette question que la sémiotique a une certaine difficulté à voir à cause même de son obsession pour un certain type de corpus, et qui est pourtant essentielle dans les domaines de la connaissance du texte et de l'histoire des sciences.

Carrière d'une image scientifique : de l'invisible à la diversité du visible

Odile LE GUERN
Université Lumière-Lyon 2

Il semble bien qu'une image soit vite appelée à sortir du domaine scientifique pour lequel elle a été produite pour peu que ses qualités pédagogiques ou esthétiques s'imposent et puissent reléguer au second plan sa fonction première d'information. Il semble bien aussi que tout type d'image puisse devenir image « scientifique » pour peu que le discours qui l'accueille réponde aux critères du genre. Dans cette tension entre les différentes fonctions que peut assumer une image, « scientifique » ou non, dans le jeu de cette décontextualisation / recontextualisation et des détournements de fonction qui en résultent, se profile son rapport à l'univers référentiel dont on lui demande de rendre compte, et le rapport qu'elle peut instituer entre cet univers et le sujet qui le perçoit à travers la (re)présentation qu'elle en propose, rapport du sujet de réception aussi à cette invisibilité qu'elle tentera de rendre visible selon diverses modalités ou variations autour du statut du signe qu'elle constitue.

Invisibilité de l'objet

C'est donc par la problématique de l'invisibilité éventuelle de son objet que nous avons choisi d'aborder ces images que l'on dit « scientifiques », dans leur relation au lecteur qui les reçoit, au discours ou contexte qui les intègre. Ces images « qui extériorisent et agrandissent le caché » selon la formule de François Dagognet¹

Mais il faut faire retour sur la nature de ce qui est invisible, sur les causes de l'invisibilité. Car si l'invisible relève du caché, de l'infiniment grand ou de l'infiniment petit en raison de cette « disproportion de

¹ François Dagognet, *Philosophie de l'image*, Vrin, 1984, p. 11.

l'homme » dans la nature dont parle Pascal², il peut relever aussi tout simplement d'une disjonction temporelle ou spatiale, devenir visible à la faveur d'un point de vue inhabituel, le paysage par exemple tel que nous le révèle la photographie aérienne. Invisibilité éventuelle de l'objet en production, objet auquel il faudra bien donner une forme de visibilité en réception.

Pour l'invisibilité, je reprendrais volontiers ici l'expression de Lacan citée par Herman Parret³, « ce qui ne saurait se voir », même si l'invisibilité qu'elle désigne n'est pas de même nature. Mais le prolongement donné par Herman Parret nous autorise peut-être à l'emprunt : « ce qui par essence et par structure ne peut jamais être vu, donc ce qu'on ne verra jamais, ou peut-être ce que l'on n'est pas supposé voir, ou même ce que l'on voit quand même sans le savoir... » De toutes ces modalités du voir, nous retiendrons essentiellement celle du « pouvoir voir », modalité actualisante dont l'orientation vers un « savoir » puis un « pouvoir faire » lui confère une visée réalisante (pour le chirurgien par exemple). Cependant, il faut, avant cela, « savoir voir », ne pas rester dans « le voir quand même sans le savoir », il faut être ce lecteur qui articule compétence par rapport à l'image et compétence par rapport à l'univers de référence qu'elle représente ou plutôt qu'elle présente, nous y reviendrons, pour ces images qui nous occupent, révélations ontologiques des objets du monde inatteignables par la vision directe. Cet invisible-là relève du contenu et correspond davantage à la catégorie de « l'invu » introduite par Jean-Luc Marion⁴ pour qui, en revanche, l'invisible est plus proche du plan de l'expression, de l'énonciation iconique plus que de l'énoncé, et finalement du visuel tel que le définit Didi-Huberman. Et « l'invu » ne l'est que provisoirement. « L'invu peut être transgressé en devenant visible » écrit Herman Parret et, contrairement à l'invisible, « l'invu est du visible potentiel ». Herman Parret utilisera aussi le mot de « virtuel ». « Certes, reconnaît encore Herman Parret, il y a des symptômes de l'invisible, [...], mais l'invisible [assimilable au visuel de Didi-Huberman] ne se transformera pas en visible dans sa concrétude et son immédiateté matérielle » contrairement à « l'invu ». Cet « invu » ne peut se manifester que par la médiation codifiée de la langue, des règles d'encodage de l'image, qui présupposent la compétence du récepteur, des images mentales qui catégorisent et discrétisent à la manière d'un code les objets du monde, médiation qui participe à cette « surdétermination de l'image » (par condensation, comme l'image d'Épinal ou surlignage), et qu'elle n'atteint pas lorsqu'on l'envisage comme simple analogon. Le « savoir voir » traque l'invisible ou le visuel, les règles et les procédés d'encodage, le « pouvoir voir » en est la visée et concerne « l'invu ». Il faut en passer par la visibilité

² Blaise Pascal, *Œuvres complètes*, tome 2, Gallimard, Pléiade (M. Le Guern), *Pensées*, fragment 185, p. 608 et svts.

³ Herman Parret, *Épiphanies de la présence*, Pulim, 2006, pp. 213-15.

⁴ Jean-Luc Marion, *La Croisée du visible*, P.U.F., 1991, pp. 11-17, cité par Herman Parret, *Ibid.*, p. 215.

de l'image objet pour atteindre la lisibilité de son objet⁵ en tant qu'image signe.

Expression	Contenu
Savoir voir	Pouvoir voir (savoir et pouvoir faire)
Visibilité	lisibilité
Visible 1 : réflexivité de l'image objet (agencement de lignes, de masses, code couleurs, etc.)	Visible 2 : transitivité de l'image signe (ou l'image comme texte)
L'invisible (visuel) au niveau de l'énonciation	L'invu au niveau de l'énoncé

Adapter un stéréotype

Nous envisageons là le rapport du signe à son objet, qui n'est pas de représentation puisque cet objet relève de « l'invu », mais de présentation ou de présentification dans la mesure où actualisant « l'invu », le signe se donne un objet. Forme de performativité du signe qui ne vise pas d'abord un récepteur, extérieur au message qu'il veut transmettre⁶, mais qui opère de manière interne. Avant de se placer dans une relation de renvoi à un objet, le signe se donne un objet par la médiation d'un interprétant dont il convient maintenant de préciser la nature.

Nos premiers exemples sont célèbres, nous les empruntons à Gombrich, dans *L'Art et l'illusion*. Gombrich envisage dans un premier temps la valeur de vérité de la légende qui accompagne l'image et rappelle, à juste titre, que « les termes "vrai" et "faux" ne sont applicables qu'à des déclarations, à des propositions. Or, [...] un tableau ne sera jamais une déclaration au sens littéral du terme. Il ne saurait donc être vrai ou faux, pas plus qu'une déclaration ne saurait être bleue ou verte. »⁷ Il faudrait même ajouter qu'une légende, et c'est sans doute ce qui caractérise un texte comme légende, ne peut être dite vraie ou fausse que si elle est associée à l'image, dans sa relation à l'image qui est posée comme thème pour le prolongement prédicatif ou rhématique qu'elle lui apporte⁸. Mais c'est à un autre titre, un peu en amont du problème de la légende et dont le problème de la légende et

⁵ Il s'agit de l'objet au sens de Peirce atteignable, depuis le representamen, par l'intermédiaire de l'interprétant.

⁶ Nous reviendrons un peu plus loin sur cette forme de performativité qui, en actualisant l'objet, mobilise le sujet de réception selon les contextes d'utilisation de l'image.

⁷ Gombrich, *L'Art et l'illusion*, Gallimard, 1987, pp. 94-95. L'image est, dans ce cas, rhème au sens de Peirce.

⁸ Il s'agit de la légende comme SN. Mais il est clair que la légende peut déjà se présenter comme une structure SN+SV et constituer un acte de prédication à part entière susceptible de recevoir des valeurs de vérité.

des valeurs de vérités attribuées au couple prédicatif image / légende découle, que nous sollicitons les exemples de Gombrich. Ainsi, les bois gravés de Wolgemut, maître de Dürer, dans la chronique dite « de Nuremberg » de Hartmann Schedel, où la même image d'une ville médiévale revient avec des légendes différentes, Damas, Ferrare, Milan et Mantoue. Et Gombrich de dire que les noms n'avaient pas « d'autre rôle que d'indiquer au lecteur qu'il s'agissait de l'image type d'une cité »⁹. Image type d'une cité ou image d'une cité type ? Pour tenter de répondre à cette question, nous convoquons un autre exemple de Gombrich, celui de l'illustration, pour une gazette allemande, d'une inondation survenue à Rome au XVI^e siècle. Gombrich note bien qu'il ne s'agit pas d'« interprétation », comme Cézanne interprétant la montagne Sainte-Victoire, mais de l'adaptation d'un stéréotype à un objet du monde.

Il est fort probable, écrit Gombrich, que le réalisateur du bois gravé n'avait jamais vu Rome. [...] Sachant que le château Saint-Ange était bien un château, il tira de sa réserve aux souvenirs le cliché qui convenait à la représentation d'un château : un *burg* germanique, avec sa charpente de bois et ses toits en pente. Mais il ne se contenta pas d'une simple reproduction du stéréotype – il l'adapta à sa fonction représentative particulière en ajoutant certains détails qui appartenaient, pour autant qu'il pouvait le savoir, à cet édifice romain [l'ange de la toiture, la grosse tour, la situation au bord du Tibre].

Même commentaire de Gombrich pour une gravure de Mérian (XVII^e siècle) représentant Notre-Dame de Paris, où la distance [nombre et forme des baies, place du transept] entre la gravure et une photo du même édifice montre bien que, pour Mérian :

reproduire signifie adapter une formule, ou un schéma général, en y ajoutant certains traits caractéristiques, qui devraient suffire à faire reconnaître la forme générale d'un édifice particulier par quiconque ne recherche pas des indications architecturales très précises.

Ces exemples vont du général au particulier (déduction) et non l'inverse, ils partent de traits visuels pertinents, qui constituent l'horizon d'attente de la représentation et l'affinent par des caractères propres à un objet du monde particulier pour faire tendre l'image qu'ils en proposent vers l'occurrence sans cependant renoncer au type. Révélation, reconstitution de « l'invu » par la médiation de sa conceptualisation (intelligible) et non pas de sa perception (sensible). Ces images n'interprètent pas : il ne s'agit pas de rendre l'image du dedans, de rendre visible l'image d'un monde intériorisé, elles adaptent un stéréotype et se situent de ce fait dans un espace tensif entre type et occurrence, ce qui ne saurait se confondre avec le degré d'iconicité. L'iconicité ne se décide et ne s'évalue que par la coprésence, ne serait-ce que

⁹ Gombrich, *Ibid.*, pp. 96-99.

mémorielle, du signe et de son objet¹⁰. En l'absence de l'objet, c'est la codification iconique, avec son lot de règles d'équivalence, de transcription, qui deviennent, au titre de l'interprétant, essentielles à la lecture de l'image. Une forme de codification médiatrice, par l'intermédiaire de l'interprétant, entre l'image signe et son objet pour que l'image puisse à son tour être médiatrice entre l'occurrence et le type, entre l'objet et sa conceptualisation.

On pourrait citer aussi, toujours emprunté à Gombrich, le lion du livre de plans et dessins (vers 1235) de Villard de Honnecourt, constructeur d'ouvrages gothiques, et dont la légende spécifie « qu'il fut contrefais al vif », ou encore les sauterelles de cette gravure sur bois du XVI^e siècle dont le texte d'accompagnement, en allemand, « nous informe que nous voyons là la reproduction exacte d'un type de sauterelles qui par essaims menaçants, envahissaient l'Europe. »¹¹ Gombrich note l'influence du souvenir littéraire que constitue le récit biblique des sept plaies d'Égypte et aussi, sans doute, l'influence du mot allemand *heupferd* qui signifie littéralement « cheval de foin », d'où le mouvement du cheval au galop donné au motif pour dire le déplacement de l'insecte puisque, après tout, le vocabulaire fait de la sauterelle une espèce de cheval. Enfin, Gombrich rappelle l'exemple célèbre du rhinocéros de Dürer, résultat de témoignages indirects et inspiré de l'imaginaire du dragon, mais qui servit jusqu'au XVII^e siècle de modèle à toutes les représentations de rhinocéros. Même l'illustration des récits de *Voyage à la découverte des sources du Nil* de James Bruce publiés en 1790 n'échappe pas à l'influence de Dürer, alors même que son auteur en critique vigoureusement la représentation, spécifiant très explicitement que son modèle est un spécimen africain à deux cornes « dessiné d'après nature » alors que celui de Dürer était un spécimen asiatique à une seule corne.

Ce que ces exemples apportent, c'est une réflexion sur le rôle du langage verbal, de tout discours et plus généralement de toute forme de représentation antérieure dans la constitution de ce stéréotype, point de départ pour l'artiste ou l'illustrateur, mais qu'il adapte à l'objet du monde particulier qu'il veut présenter à défaut de pouvoir le représenter. « Ce qui est connu et familier restera toujours le point de départ de la représentation de l'inhabituel » dit encore Gombrich. Ce procédé propre à la production des images intervient aussi en réception : nous mémorisons les images parce que nous les classons.

Entre icône et symbole

Ces images, qui ne partent pas « d'une impression visuelle [interprétation], mais d'une idée ou d'un concept », peuvent difficilement, et

¹⁰ Il faudrait ajouter que l'opposition type/occurrence n'est pas tout à fait homologable à l'opposition générique/spécifique ou hyperonyme/hyponyme du langage verbal. Par rapport au langage verbal, les possibilités d'abstraction de l'image sont évidemment plus limitées et même l'image la plus schématique représente une occurrence : l'arbre sera toujours un feuillu.

¹¹ Gombrich, *Ibid.*, pp. 109-113.

c'est peut-être paradoxal, être envisagées comme « scientifiques » si on les considère du point de vue de leur valeur documentaire. Mais, et c'est là que réside le paradoxe, elles participent fortement à une forme de catégorisation du monde et donc de construction d'un savoir qui en font des images à forte vocation didactique ou pédagogique. La construction d'un savoir ne passe pas forcément par la nature iconique du signe qui fonde sa valeur strictement documentaire, mais plutôt par la dimension symbolique que lui donne son interprétant pour combler le manque lié à l'invisibilité de son objet. Inversion du parcours interprétatif proposé par le modèle de Peirce, qui, en production, irait de l'interprétant pour construire le signe et atteindre l'objet, ou tout simplement, et cela correspond bien au caractère dynamique du modèle qui veut que l'interprétant devienne à son tour représentamen, l'interprétant se donne comme le signe de l'objet, type et non plus occurrence, auquel il restitue une forme de visibilité.

Première hypothèse, mais qu'il conviendra de corriger : sinsigne, car il s'agit bien d'une occurrence de signe, la représentation, dans la relation du signe à son objet, manifeste une tension entre symbole et icône. Et c'est plutôt vers le symbole (constitution d'un type) que tend la représentation dans son usage didactique alors qu'elle voudrait tendre vers l'icône (observation de l'occurrence pour une démarche plus inductive) dans un usage plus scientifique.

Une enluminure rencontrée dans un manuel scolaire¹² illustre bien cette tension car sa publication en contexte didactique met en abyme le processus qui transforme l'occurrence en type. En effet, il est probable que son auteur a procédé comme Mérian pour Notre Dame de Paris ou comme le graveur du Château Saint-Ange. L'historien ne peut donc y voir un simple analogon, et à défaut de pouvoir, de manière certaine, y retrouver les caractères propres du château et de la cité de Cervières comme occurrence, il y cherchera les traits pertinents qui les catégorisent comme type de château ou de cité, ce dont témoigne la légende, « Un château fort et sa ville (le château de Cervières, Loire, vers 1490) », avec son jeu sur les articles, ici l'indéfini pour le type et le défini pour l'occurrence, et la mise entre parenthèses de la mention de l'occurrence.

Au point de départ, l'indice

Cependant, c'est la voie indiciaire que nous nous proposons d'explorer à la suite de Didi-Huberman. Pour reprendre une opposition proposée par l'auteur de *L'Image ouverte* pour distinguer l'image chrétienne de l'image païenne, ces images, comme les images chrétiennes, sont « incarnation » et non « imitation ». « L'imitation ne s'attache qu'au monde visible », l'incarnation est révélation du visuel.

¹² Multi Livre, CE2, section Histoire, p. 30, Hachette, 2002 : « Un château fort et sa ville (le château de Cervières, Loire, vers 1490). Enluminure de l'«armorial d'Auvergne» par Guillaume Revel, Bibliothèque nationale ».

L'imitation visait la ressemblance, se donnait le miroir pour emblème et produisait ses excès à travers l'art fascinant des mises en abyme, des représentations de la représentation. Ici, au contraire, l'incarnation ne vise qu'un rapport immédiat – couleur, matière - et suppose la dissemblance, voire l'informe : son excès consisterait plutôt dans une imitation défigurante, une imitation qui ruine l'aspect.

Didi-Huberman note que « le modèle dominant n'y est pas l'iconicité, au sens peircien, mais bien l'indicialité que suppose, par exemple, le terme *vestigium* – trace et présence – opposé, chez Tertullien, aux artifices représentationnels du *signum*. »¹³ Mais l'analogie a ses limites. Alors que l'incarnation, pour l'image chrétienne, semble « creuser dans le visible l'espace du visuel », ce qu'Herman Parret appelle « penser la visualité du visible », pour l'image scientifique, l'incarnation concerne aussi « l'invu ». Elle opère tout aussi bien au plan du contenu qu'au plan de l'expression et de l'énonciation iconique. Par ailleurs, l'incarnation ne vise pas la dissemblance pour elle-même ou l'informe. Elle n'est pas « défigurante », mais engage un processus de reconfiguration fondé sur une codification d'éléments formels (couleur par exemple). Après le stéréotype que l'on adapte, la langue que l'on sollicite à travers, par exemple, les structures sémiques qu'elle propose ou les textes qui constituent un fonds inépuisable d'images, l'interprétant est aussi l'ensemble des règles (code couleurs) codifiant la représentation iconique. Ainsi, à la suite des deux termes que nous nous étions déjà donnés, « interprétation » et « adaptation d'un stéréotype », apparaît ce troisième terme, « incarnation », qui place le signe dans un rapport indiciaire, pas seulement par rapport à son objet, mais aussi par rapport aux procédés de production qui vont en assurer la visibilité. Il opère sur le visuel, mais aussi sur « l'invu », sur le plan de l'expression, de l'énonciation iconique et sur le plan du contenu. Il met donc en jeu des compétences qui relèvent de la production de l'image, un savoir lire pour un savoir ou pouvoir voir par projection des compétences du récepteur concernant les processus de fabrication de l'image et l'univers de référence qu'elle propose. La voie indiciaire nous engage à revoir l'hypothèse posée provisoirement concernant l'icône et le symbole. Dans son premier usage, l'image est d'abord indiciaire, par rapport à sa propre énonciation, mais aussi par rapport à l'énoncé et à l'objet qu'il reconstruit, puisque cet objet occurrence est en relation de contiguïté avec un référent dont elle révèle l'existence. Puis, sa dimension iconique va servir le processus de catégorisation par repérage de traits visuels pertinents, parce que récurrents d'une image à l'autre du même objet (on passe, par exemple, de l'image d'un cancer à l'image du cancer) qui lui permettra, dans une perspective plus didactique, d'atteindre le statut de symbole et, pour son objet, le type qui participe à la construction d'un savoir.

¹³ Georges Didi-Huberman, *L'Image ouverte*, Gallimard, 2007, pp. 148-50.

Le representament par rapport à son objet	Indice	Icône	Symbole
L'objet par rapport au monde (à l'acquisition d'un savoir sur le monde)	Occurrence	Catégorisation	Type

L'incontournable pouvoir des mots

Notons encore l'incontournable recours au langage, et à sa mise en œuvre comme discours, pour transformer le « voir quand même sans le savoir » en savoir voir ou, plus exactement, en pouvoir voir. Car la transformation opère au plan du contenu, où elle actualise une prise de conscience du voir plus qu'elle ne mobilise une compétence du voir. Il y a mise en présence de l'objet par l'étiquette linguistique que lui donne la langue et par l'interaction de la langue et de l'image. Si une image vaut parfois mieux qu'un long discours, c'est le discours qui en révèle l'objet, et il s'agit bien d'un fait de discours et non de langue puisque, malgré l'absence de prédéterminant, le lexème se trouve bien en position rhématique ou thématique par rapport à l'image. La définition qui le prolonge vient prendre en charge explicitement ce qui relève alors du type laissant à l'image sa fonction d'illustration propre à l'occurrence, mais lisible comme type par la présence de la légende et l'interaction qui se joue entre la légende et l'image. Si l'image peut « dire » l'objet du monde (occurrence), elle ne peut atteindre le type que par le discours qui l'accompagne et en actualise la mise en présence.

Nous reprendrons volontiers ici le jeu de mots proposé par Dagognet : « la technologie [...] ne cessait de mordre sur l'invisible qu'elle "arraisonnait" ». Dagognet rappelle encore en ces termes un argument de ceux qui fustigent toute imagerie :

le disque tracé sur le papier ne saurait nous offrir la moindre définition du cercle. [...] dans un jeu, ce qui compte, ce ne sont pas les éléments ou les moyens, mais les règles, c'est-à-dire une structure de fonctionnement ou de convention qui n'est nulle part dessinable. [...] De même, le cercle s'écrit et se pense en langage cartésien, ou mieux, paramétrique. Il se conçoit encore génériquement, ne serait-ce que comme "lieu géométrique", ainsi, un segment de droite qui tourne autour de l'une de ses extrémités demeurée fixe ou comme la section orthogonale d'un cylindre. Surtout on n'a pas le droit de le réifier et de l'isoler, de le séparer et de l'ellipse et de la parabole (même famille). Mais il n'équivaut jamais à une simple "figure", la plus dangereuse et insuffisante des "illustrations", qui nous cache la structure, ainsi que les

propriétés. Il convient de s'éloigner d'un "particulier" qui ne nous donne pas les principes de la construction. »¹⁴

Le sensible et l'esthétique

Nous voudrions, pour finir, revenir sur le plan de l'expression. S'il ne fonctionne pas de manière indiciaire par rapport au système d'encodage de l'image, si le récepteur ne dispose pas de ce « savoir voir » évoqué plus haut, l'image reste dans la visibilité pure sans parvenir à une quelconque forme de lisibilité. Elle relève alors de la priméité et de la réflexivité du signe (qualisigne) iconique, pour un contact purement esthésique, première étape de cette esthétisation qui peut transformer l'image scientifique en image d'art. S'opère alors une disjonction entre le sujet récepteur et l'objet, qu'il soit objet du monde ou qu'il relève d'une forme de conceptualisation, en faveur d'une conjonction plus étroite avec l'image elle-même dans sa matérialité, affranchie des règles d'encodage dont la compétence ne s'impose plus au récepteur.

Si une stricte logique intensionnelle ne peut intégrer le référent, c'est-à-dire cet objet construit par le discours pas plus que l'objet du monde lui-même, ces images qui tendent vers la présentation d'un type, qui ont vocation à entrer dans un raisonnement inductif ne relèvent peut-être pas tout à fait non plus d'une logique extensionnelle¹⁵. Autrement dit le référent construit par l'image n'est pas forcément l'objet du monde ou en tout cas a très vite vocation à acquérir une lisibilité comme type et non plus comme occurrence. Mais en amont, avant d'accorder au visible devenu lisible le statut de type ou d'occurrence, si l'objet s'efface pour le récepteur, si le plan du contenu se virtualise au profit d'une actualisation exacerbée du plan de l'expression, c'est alors le sensible qui s'impose au détriment de l'intelligible, mais le sensible par rapport à l'image, qui dans un mouvement réflexif se donne comme nouvel objet de contemplation, et non par rapport à l'objet du monde (auquel elle renvoie de manière transitive). La perception de l'image se situe alors davantage du côté de l'intense, mais au sens que lui donne la grammaire tensive cette fois¹⁶, et non du côté de l'extense, du côté des états d'âme et non plus des états de choses, et c'est alors une autre carrière qui s'ouvre pour cette image, aliénée par l'abstraction, de sa fonction première.

¹⁴ François Dagognet, *Ibid.*, p. 11 puis 40.

¹⁵ Michel Le Guern, *Les Deux Logiques du langage*, Paris, Champion, 2003.

¹⁶ Claude Zilberberg, *Éléments de grammaire tensive*, NAS, Pulim, 2006.

Le immagini nei dati : modelli di estrazione e visualizzazione

Guido MAURELLI

Semeion Centro Ricerche di Scienze della Comunicazione

Scienze dell'informazione e Intelligenza Artificiale : il contesto di riferimento.

Prima di affrontare alcuni dei concetti che legano complessità e immagini, è utile descrivere brevemente il contesto nel quale si muovono oggi le scienze dell'informazione e in particolare l'Intelligenza Artificiale.

Sotto la denominazione di « Artificial Sciences » vengono oggi incluse una serie di discipline che hanno come obiettivo comune la comprensione dei processi naturali e/o culturali¹. Questa operazione si realizza tramite un meccanismo di « ri-creazione » di tali processi utilizzando modelli automatici di simulazione. Si può affermare che nell'ambito delle Artificial Sciences il computer sembra avere una funzione analoga a quella della scrittura per la lingua naturale.

Queste scienze sono costituite da algebre formali per la generazione di modelli artificiali (strutture e processi), nello stesso modo in cui le lingue naturali sono dotate di una semantica, di una sintassi e di una pragmatica per la generazione di parole e testi.

Nelle lingue naturali la scrittura rappresenta la conquista dell'indipendenza della parola dal tempo, utilizzando lo spazio. Nelle Artificial Sciences il computer è la conquista dell'indipendenza del modello dal soggetto che lo ha ideato, attraverso l'automazione e / o l'azione. Così come, servendosi della scrittura, una lingua naturale può creare oggetti culturali che prima della scrittura erano impensabili (romanzi, poesie, testi di

¹ Questo paragrafo costituisce una rielaborazione della parte introduttiva del saggio di Massimo Buscema, Marco Intraligi, Guido Maurelli, *Introduzione alla filosofia dei Sistemi Artificiali Adattivi e loro applicazioni*, in SAAB Sistemi Artificiali Adattivi in Biomedicina n° 1, Gastroenterologia, Di Renzo Editore, Roma, 2005, Vol. I, pp. 104-163.

leggi, manuali ecc.), allo stesso modo le Artificial Sciences, utilizzando il computer, possono creare modelli automatici di computazione dotati di particolare complessità. Le lingue naturali e le Artificial Sciences, rispettivamente, le prime in mancanza della scrittura e le seconde in mancanza del computer, rimangono sistemi di comunicazione e di conoscenza molto limitati. Non a caso quelle culture che per diversi motivi non hanno fatto uso della scrittura, hanno avuto molte più difficoltà a tramandare il loro sapere. Ma, contemporaneamente, una scrittura che non si basa su una lingua naturale così come un modello automatico che non viene generato da un'algebra formale, appaiono entrambi come un insieme di incomprensibili scarabocchi.

Nelle Artificial Sciences la comprensione di un qualsiasi fenomeno, sia naturale che culturale, avviene in modo proporzionale alla capacità del modello artificiale automatico di ricreare la struttura di quel fenomeno. Più la comparazione tra processo originale e modello generato produce un esito positivo, più è probabile che il modello artificiale abbia esplicitato correttamente le regole di funzionamento del processo originale.

Questo confronto, tuttavia, non può essere effettuato in modo ingenuo. Sono necessari sofisticati strumenti di analisi per fare una comparazione attendibile tra processo originale e modello artificiale.

Gli strumenti di analisi utili per questa comparazione hanno il compito di confrontare le dinamiche di funzionamento del processo originale con quelle del modello artificiale, facendo variare contestualmente le rispettive condizioni al contorno. L'analisi dei processi sia naturali che culturali deve partire da una teoria che, adeguatamente formalizzata, è in grado di generare modelli artificiali automatici di tali processi. Al termine di questo percorso generativo i modelli automatici devono essere comparati con i processi originali di cui pretendono essere la spiegazione. Nel grafico della figura 1 è illustrata la dinamica di funzionamento di tale processo.

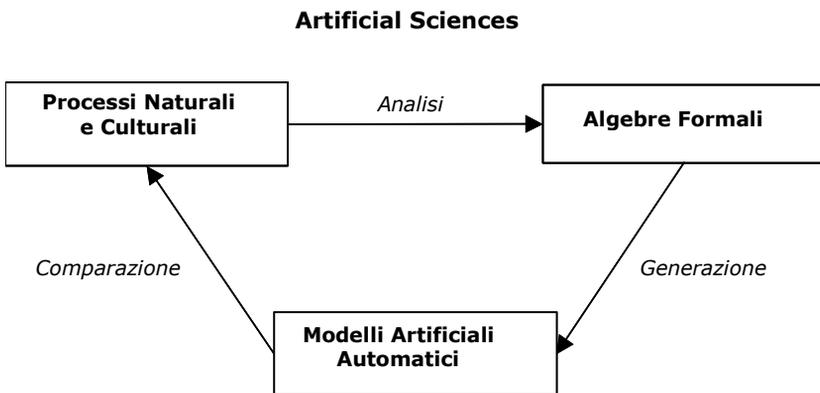


Fig. 1. Percorso generativo per l'analisi dei processi naturali e/o culturali, la generazione e la comparazione dei modelli artificiali

I modelli artificiali automatici per poter essere verificati e compresi necessitano di modi di visualizzazione. Tali modi a volte si rifanno a tecniche di rappresentazione ormai consolidate nella storia della scienza, altre volte necessitano di nuovi metodi che tendono a riprodurre fenomeni naturali e culturali attraverso tecniche di simulazione e visualizzazione in precedenza sconosciute.

Alcuni concetti nel rapporto complessità ed immagini

Per affrontare il rapporto tra complessità ed immagini abbiamo lanciato uno sguardo nell'insieme di concetti che riguardano tale rapporto, e ne abbiamo selezionati alcuni con lo scopo di tentare di illustrare come le componenti visive possono illustrare efficacemente le dinamiche dei fenomeni complessi. Abbiamo selezionato quattro coppie di concetti, ognuna delle quali evidenzia una peculiarità.

- complesso Vs complicato ;
- tempo ed evoluzione ;
- visibile ed invisibile.

Complesso Vs complicato

I termini complesso e complicato nel linguaggio comune vengono spesso usati come sinonimi. Nel linguaggio scientifico identificano processi molto diversi. Ridotte ai minimi termini le differenze fra un sistema complesso e un sistema complicato possono essere riassunte in due semplici frasi:

- in un sistema complesso il *tempo è informazione*, in un sistema complicato è rumore ;
- il « gesto » di esistenza di un sistema complesso è *centrifugo*, quello di un sistema complicato è *centripeto*.

Proviamo a trarre una serie di conseguenze che approfondiscono le di differenze fra ciò si definisce sistema complesso e ciò che si definisce sistema complicato, a partire da queste due semplici frasi².

Un sistema complesso è generato dalla interazione locale, cooperativa e competitiva, delle sue unità atomiche nel tempo. Diversamente in un sistema complicato le unità atomiche interagiscono sempre secondo determinate regole, che non cambiano nel tempo.

Le regole di un sistema complesso sono l'effetto prodotto dalla dinamica che si crea fra le unità atomiche in un certo arco temporale. In un sistema complicato, invece, le regole vengono stabilite *a priori*.

Un sistema può dirsi complesso quando gli effetti globali delle sue interazioni locali sono imprevedibili, e non è possibile analizzarle tramite

² Questo argomento è stato trattato nel saggio di Massimo Buscema e Guido Maurelli *Immaginazione scientifica, rigore e ragionevolezza*, « Atti del Convegno di Studi Tomo I. Ragione, ragionevolezza, esperienza (esperimento), dimensione oggettiva e storica della ricerca scientifica e giuridica » a cura di Augusto Cerri, Aracne Editrice, Roma 2007, pp. 171-200.

logiche di causa-effetto. Normalmente gli effetti prodotti da un sistema complicato sono analizzabili tramite logiche di causa-effetto.

Un sistema complesso non segue delle regole, ma le genera dinamicamente nel tempo, mentre un sistema complicato deve necessariamente seguire una serie di regole predeterminate per poter funzionare.

Un sistema complesso ha la caratteristica di essere adattivo, cioè è sensibile al contesto, un sistema è complicato quando funziona allo stesso modo in qualunque contesto venga collocato.

In un sistema complesso il tempo è informazione. In un sistema complicato il tempo è rumore, e produce solo effetti negativi su se stesso.

La complessità di un sistema si genera dal basso verso l'alto, e il sistema si espande dall'interno verso l'esterno, secondo una logica centrifuga. Un sistema complicato, invece, si costruisce tramite una tecnica combinatoria per composizione di parti, il suo « gesto costruttivo » risponde ad una logica centripeta.

Un sistema complesso crea regole semplici e locali che si trasformano nel tempo. Un sistema complicato è una macchina combinatoria, non produce informazione, funziona in modo reversibile e tautologico.

In un sistema complesso i rapporti causa-effetto sono l'eccezione e non la regola ; nei sistemi complicati i rapporti causa-effetto sono la regola e non l'eccezione.

I sistemi complessi appartengono al mondo naturale, i sistemi complicati appartengono al mondo culturale, sono i prodotti dell'attività umana.

Proviamo ora a fare un esempio con il quale rendere più chiara questa differenza.

Pensiamo ad un soggetto umano, qualche anno fa ha fatto molto scalpore la scoperta del numero di geni che determinano l'organizzazione e il funzionamento dell'organismo umano. È emerso, infatti, che tale numero è assai inferiore a quello che si prevedeva. La stima si attesta tra i 30.000 e i 40.000 geni, in riferimento ai due studi più importanti a livello mondiale. Il numero dei geni è, quindi, circa un terzo di quello che si stimava fino alla fine degli anni novanta. È indubbio che un soggetto umano è un sistema complesso, probabilmente il sistema più complesso che noi conosciamo.

Prendiamo ora un aereo, come ad esempio un Boeing 747, che è composto da circa 200.000 parti elementari, quindi circa 5 volte il numero di geni presenti in un organismo umano. Si tratta di un oggetto che è in grado di volare, cioè può fare una cosa che un soggetto umano non è in grado di fare, ma non può considerarsi un sistema complesso, è semplicemente un sistema complicato.

L'esempio ci mostra che la quantità non è sinonimo di complessità. Esistono sistemi composti da una quantità enorme di parti, ma non per questo possono dirsi complessi. Nel nostro esempio il Boeing 747 è composto da molti più elementi di un soggetto umano, ma la sua complessità di

Le immagini nei dati : modelli di estrazione e visualizzazione

funzionamento è imparagonabile con la complessità di funzionamento anche del più stupido degli uomini.

In secondo luogo le performance di volo dell'aereo, dopo il suo normale « rodaggio » nel quale raggiunge una sorta di efficienza ottimale, diventeranno lentamente sempre meno efficienti. Per un aereo il tempo funziona solo come fattore d'invecchiamento. Un pilota, invece, alla prima esperienza sarà poco efficiente, ma la sua capacità di guidare l'aereo sarà sicuramente migliorata dopo un certo numero di voli e, nel tempo, continuerà a migliorare.

I sistemi complessi usano il tempo per apprendere, i sistemi complicati al trascorrere del tempo si deteriorano.

Tempo ed evoluzione

Come abbiamo visto il tempo, o meglio l'uso del tempo, è un elemento fondamentale di discriminazione fra sistemi complessi e complicati.

Nei sistemi complessi è la dimensione attraverso la quale questi si evolvono, nei sistemi complicati è solamente un elemento di disturbo « rumore ».

Un esempio può essere utile per far comprendere ai non matematici quanto il legame fra tempo, evoluzione e complessità sia molto stretto e in molti casi non dominabile. Prendiamo il cosiddetto problema del « commesso viaggiatore ». È descrivibile in questo modo : dato un insieme di punti distribuiti in uno spazio bidimensionale, trovare il percorso minimo per connetterli tutti, senza passare due volte nello stesso punto. Così descritto sembra un problema apparentemente semplice, ma invece nasconde effetti collaterali sorprendenti. La tabella sottostante fornisce un'idea numerica chiara del fenomeno con cui abbiamo a che fare.

N=3	P=1	N=31	P=1.326264299060956D+32	N=59	P=1.175280665641439D+78	N=87	P=1.211354769163637D+130
N=4	P=3	N=32	P=4.111419327088962D+33	N=60	P=6.93415592728491D+79	N=88	P=1.053878649189763D+132
N=5	P=12	N=33	P=1.315664184688468D+35	N=61	P=2.16049356570699D+81	N=89	P=9.27413211286992D+133
N=6	P=60	N=34	P=1.34166880940594D+36	N=62	P=2.53790110693086123D+83	N=90	P=8.253975750405423D+135
N=7	P=360	N=35	P=1.47616399519802D+38	N=63	P=1.57349866319397D+85	N=91	P=7.42875822408803D+137
N=8	P=2520	N=36	P=5.16657398319307D+39	N=64	P=9.13041577022198D+86	N=92	P=6.760007638392017D+139
N=9	P=20160	N=37	P=1.88966633949507D+41	N=65	P=6.344346609294207D+88	N=93	P=6.219207027320653D+141
N=10	P=181440	N=38	P=6.88187654561317D+42	N=66	P=4.123825296041236D+90	N=94	P=5.783862535408205D+143
N=11	P=1814400	N=39	P=2.615113087333005D+44	N=67	P=2.721724695387216D+92	N=95	P=5.436830783283713D+145
N=12	P=19958400	N=40	P=1.01989410405987D+46	N=68	P=1.82355545490430D+94	N=96	P=5.16498924411953D+147
N=13	P=239590800	N=41	P=4.07957641623945D+47	N=69	P=1.240017717120415D+96	N=97	P=4.85389674354746D+149
N=14	P=3113510400	N=42	P=1.6726333056916D+49	N=70	P=5.55612252140703D+97	N=98	P=4.809637984194108D+151
N=15	P=43699145600	N=43	P=7.025030589764401D+50	N=71	P=5.98928583498494D+99	N=99	P=4.7134522441624D+153
N=16	P=663837184000	N=44	P=3.020735153168692D+52	N=72	P=4.252392942839312D+101	N=100	P=4.666310772197209D+155
N=17	P=10461394944000	N=45	P=1.329135787394225D+54	N=73	P=3.061722918844306D+103		
N=18	P=177843714048000	N=46	P=5.98111043274011D+55	N=74	P=2.23605773075634D+105		
N=19	P=3201186852864000	N=47	P=2.751311079906045D+57	N=75	P=1.653942720759683D+107		
N=20	P=6.0822550204416D+16	N=48	P=1.293116207556841D+59	N=76	P=1.24045704056977D+109		
N=21	P=1.216451100408832D+18	N=49	P=6.208967796268034D+60	N=77	P=9.427473508330253D+110		
N=22	P=2.554547108585472D+19	N=50	P=3.041409320171339D+62	N=78	P=7.259154601414295D+112		
N=23	P=5.620003638880038D+20	N=51	P=1.52070460005669D+64	N=79	P=5.662140589103147D+114		
N=24	P=1.292600836944249D+22	N=52	P=7.755553766436908D+65	N=80	P=4.47309106539149D+116		
N=25	P=3.102242008696197D+23	N=53	P=4.032909785647195D+67	N=81	P=3.57847265231319D+118		
N=26	P=7.759090219564932D+24	N=54	P=2.13744164030015D+69	N=82	P=2.39856310373894D+120		
N=27	P=2.016457305633029D+26	N=55	P=1.15421848666206D+71	N=83	P=2.37682166856022D+122		
N=28	P=5.444434725209176D+27	N=56	P=6.348201676829132D+72	N=84	P=1.9727619849031D+124		
N=29	P=1.524441723058569D+29	N=57	P=3.554992939024316D+74	N=85	P=1.65712067282677D+126		
N=30	P=4.4208809689695D+30	N=58	P=2.026345975243861D+76	N=86	P=1.408552057190275D+128		

Numero di percorsi che si generano aumentando il numero dei punti

Nella tabella appaiono 4 blocchi di due colonne affiancate, ogni blocco contiene il numero dei punti, con a fianco il numero di percorsi necessari per passare da ogni punto una sola volta toccando tutti i punti presenti sul piano.

Ad esempio:

$$N = 3 \rightarrow P = 1$$

$$N = 4 \rightarrow P = 3$$

$$N = 5 \rightarrow P = 12$$

.....

$$N = 10 \rightarrow P = 181.440$$

.....

$$N = 15 \rightarrow P = 43.589.145.600$$

ecc.

Come si vede dalla tabella all'aumento del numero dei punti l'incremento del numero dei percorsi è esponenziale.

La formula è la seguente:

$$\text{numero dei percorsi} = \frac{(\text{numero dei punti} - 1)!}{2}$$

Si tratta, infatti, del fattoriale di un numero. Superati i 30 punti la risoluzione del problema diventa ingestibile da un computer estremamente potente che è in grado di fare miliardi di operazioni ogni secondo, qualora si dovessero esplorare tutti i percorsi e fare i relativi confronti per trovare la soluzione migliore. Si tratta di quella categoria di problemi cosiddetti *np completi*, la cui soluzione non può essere affrontata con un metodo di calcolo bruto, che esplora tutte le combinazioni, ma solo attraverso metodi euristici che procedono per approssimazione per tentare di raggiungere la soluzione ottimale.

Un problema del genere può essere affrontato con buon successo utilizzando modelli matematici ispirati al funzionamento del cervello, cioè i Sistemi Artificiali Adattivi. Si tratta di modelli automatici che effettuano la ricostruzione della dinamica di funzionamento di processi complessi attivando e sfruttando l'interazione locale dei microprocessi elementari che li compongono, in questo modo sono in grado di simulare efficacemente il funzionamento del processo originale. Tali modelli si auto-organizzano nel tempo e nello spazio, e si connettono in modo non lineare al processo globale di cui fanno parte, tentando di riprodurre la complessità attraverso la creazione dinamica di specifiche ed autonome regole locali, che si trasformano in relazione alle dinamiche del processo stesso. I Sistemi Artificiali Adattivi si presentano come teorie le cui algebre generative sono in grado di creare modelli artificiali che simulano i fenomeni naturali. Il meccanismo di apprendimento e di crescita dei modelli è simile all'evoluzione del processo naturale, cioè è esso stesso un modello artificiale comparabile con la nascita del processo naturale. Si tratta, quindi, di modelli

teorici che assumono il « tempo di sviluppo » come un dispositivo formale del « tempo del processo » stesso.

Utilizzando questi modelli è possibile affrontare il problema del commesso viaggiatore. L'applicazione di un algoritmo evolutivo ispirato a questi principi, scoperto al Semeion e denominato GenD³, consente di trovare una soluzione, che non è necessariamente la migliore in assoluto, ma che si approssima alla soluzione ottima, e soprattutto se confrontata con altri modelli che producono altre soluzioni, risulta la migliore.

Per capire meglio come funzionano questi sistemi mettiamo a confronto tre modelli, che hanno logiche di elaborazione diverse, e che trovano soluzioni diversamente efficaci.

Il primo modello è l'algoritmo chiamato « Greedy », che funziona secondo una logica di buon senso molto semplice, così sintetizzabile: « Partendo da un punto qualunque mi sposto sempre a quello più vicino ». Questo tipo di logica in alcuni casi può risultare vincente, quando ci si trova di fronte ad una distribuzione di punti rappresentabile secondo la figura 2.



Fig. 2

In questo caso i punti sono distribuiti a cerchio. Risulta perciò facile, posizionandosi in uno qualunque dei punti e spostandosi in quello più vicino, trovare il percorso più breve. Come appare nella figura 3.

³ Massimo Buscema, « Genetic Doping Algorithm (GenD) : theory and applications », in *Expert Systems*, Blackwell Publishing, Vol. 2 n° 2, May 2004, pp. 63-79.

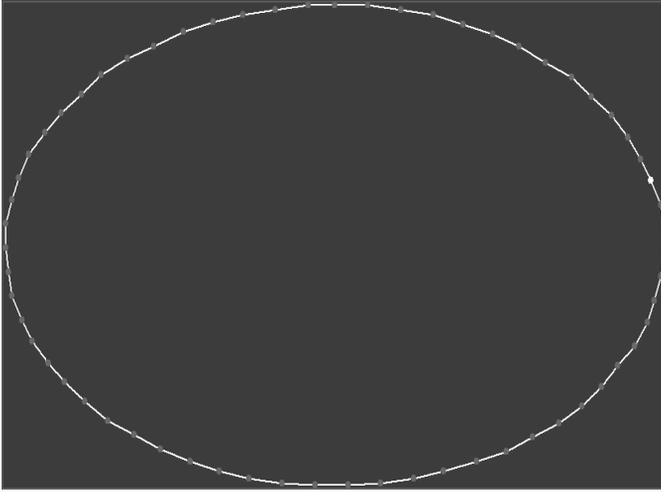


Fig. 3

Ma questo è un caso molto particolare di una distribuzione di punti. Certamente le città di una qualunque nazione non sono distribuite in questo modo sul territorio. Né in natura ci si trova normalmente di fronte a fenomeni che mostrano questa geometrica organicità.

Quando la distribuzione dei punti sul piano diventa più articolata le cose cambiano notevolmente, la semplice logica del « mi sposto sempre al punto più vicino » non è più efficace.

Nelle figure che seguono sono rappresentate tre soluzioni diverse del problema con 100 punti randomicamente sparsi su un piano.

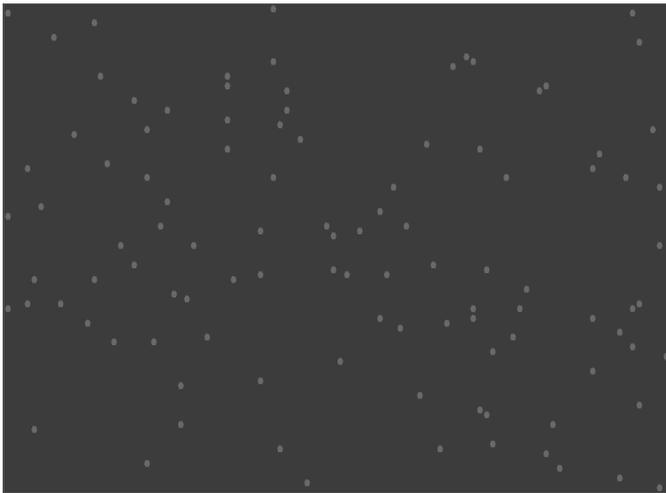


Fig. 4 Iniziale distribuzione randomica dei punti

Dal punto di vista visivo un soggetto umano è immediatamente in grado di comprendere che la figura prodotta dall'algoritmo GenD risulta la più efficace in quanto è completamente priva di incroci. Questo esempio mostra che l'occhio è in grado di intuire ciò che la ragione fa fatica a comprendere analiticamente, anche un esperto non sarebbe in grado di trovare il percorso migliore con il ragionamento analitico, mentre l'occhio vede d'istinto la soluzione migliore.

Visibile e invisibile

La luce nasconde. Sembra un'affermazione paradossale, ma non lo è. All'interno della numerosa famiglia dei Sistemi Artificiali Adattivi da un po' di tempo sono stati scoperti dei modelli che sono grado di leggere le immagini in un modo completamente nuovo. Questi modelli sono stati messi a punto, da Massimo Buscema, nei laboratori del Semeion e hanno cominciato ad essere applicati in diversi campi, in particolare nel campo biomedicale e nello specifico il cosiddetto settore dell'imaging diagnostico (mammografia, TAC, ecc.). In questo caso si tratta di una famiglia di sistemi, completamente indipendenti, che sono in grado di elaborare un'immagine facendone emergere la struttura sottostante e/o nascosta. Il loro nome è Active Connection Matrix (ACM)⁴, cioè sistemi che si basano su un principio di relazione attiva dei loro componenti minimi, che nell'imaging digitale sono i pixel.

I sistemi ACM⁵ si basano sull'idea che ogni fenomeno visivo esprime nella sua forma una sua specifica geometria. Questa idea di base scaturisce da alcune considerazioni :

- in ogni immagine digitale i pixel e le loro relazioni contengono il massimo dell'informazione disponibile per quella immagine ;
- la posizione che in un'immagine ogni pixel occupa rispetto agli altri, è un'informazione strategica per la comprensione del contenuto informativo di quella immagine ;
- in un'immagine la luminosità di ogni pixel, la sua posizione e le sue relazioni con gli altri pixel definiscono il contenuto informativo completo di quell'immagine, ovvero della dinamica con cui l'oggetto reale e le onde elettromagnetiche hanno interagito ;
- le relazioni di ogni pixel con gli altri pixel della stessa immagine dipendono dalla dinamica delle connessioni che collegano ogni pixel con i pixel del suo intorno locale. Tale dinamica risente fortemente del modo di interagire dell'oggetto con la luce che lo investe, e risulta determinante ai fini dell'evidenziare anche le informazioni che sfuggono all'occhio umano, osservando l'immagine sorgente.

⁴ Massimo Buscema, *Sistemi ACM e Imaging Diagnostico – Le immagini mediche come Matrici Attive di Connessioni*, Springer-Verlag Italia, 2006.

⁵ Tutte le considerazioni teoriche che seguono sono tratte dal libro di Massimo Buscema, *Sistemi ACM e Imaging Diagnostico – Le immagini mediche come Matrici Attive di Connessioni*, op. cit. pp. 6-8.

Queste considerazioni hanno implicazioni notevoli.

La prima consiste nello stabilire una differenza tra contenuto informativo di un'immagine e il suo significato culturale. Il secondo dipende dal primo, ma lo integra con altre conoscenze e abitudini di codifica non presenti nell'immagine né desumibili direttamente da queste. Tali conoscenze sono dipendenti, invece, dalla cultura dell'osservatore, dal contesto in cui esso è inserito e dall'uso che intende fare delle informazioni rappresentate nell'immagine. Ad esempio un medico radiologo è abituato ad interpretare una radiografia in un modo diverso da come può farlo un qualunque altro individuo che non è radiologo. La forma irregolare di una macchia su una radiografia, per il radiologo può indicare la presenza di un tumore, per una persona comune è solo una macchia simile alle altre. Il contenuto informativo che viene legato all'immagine della radiografia è determinato dalle conoscenze del medico, e dalla esperienza acquisita sul campo.

I sistemi ACM operano sul contenuto informativo e non sul suo significato culturale.

La seconda considerazione riguarda il processo di generazione del contenuto informativo di un'immagine. Da quanto detto ne deriva che il contenuto informativo di un'immagine è il processo tramite il quale i singoli pixel interagiscono localmente e in parallelo nel tempo. Di conseguenza il contenuto informativo di una singola immagine non è nel processo, né alla fine del processo dell'interazione locale dei suoi costituenti primi (i pixel), ma è il processo stesso. In ogni immagine, quindi, l'interazione locale dei suoi pixel nel tempo è, in certe condizioni, parte del contenuto informativo dell'immagine stessa; quel contenuto informativo rimasto impresso nei pixel, durante il tempo di esposizione dell'oggetto alla luce che lo ha investito, rappresentativo della loro dinamica di interazione.

La terza considerazione riguarda le connessioni locali di ciascun pixel con i pixel del suo intorno. Ogni immagine è una rete di pixel connessi localmente. È sufficiente un intorno di raggio 1 per garantire che l'intera immagine sia una rete totalmente connessa di pixel. Questa esigenza di connettività incrementa la dimensionalità di tutti i pixel di un'immagine.

Il nome Matrice Attiva delle Connessioni significa, quindi, che ogni immagine è considerata come una matrice / rete connessa di elementi / pixel che si sviluppa nel tempo. Trasformare ogni immagine in una matrice di elementi connessi che attivamente si trasforma nel tempo equivale a rendere visibile il suo contenuto informativo. In altre parole, una immagine anche se appare statica conserva dentro di sé tutte le informazioni del proprio contenuto informativo. Quest'ultimo non è statico, perché esprime la dinamica delle interazioni locali tra i pixel costituenti l'immagine stessa, e per fare ciò ha bisogno di potersi esprimere tramite il tempo : è come se l'immagine di partenza nascondesse nel proprio interno un filmato che per poter essere visto deve, ovviamente, scorrere nel tempo.

Nei sistemi ACM alle dimensioni originarie delle immagini vengono, quindi, aggiunte 2 dimensioni nuove : la connessione locale W e il tempo T . Le coordinate originarie di un'immagine sono costanti e danno un contributo

costante al valore di luminosità L , mentre le connessioni W nel tempo si modificano e, direttamente o indirettamente, modificano anche la luminosità di ogni pixel.

In termini pratici : data un'immagine bidimensionale di $M \times N$ pixel, la sua traduzione nel sistema ACM la trasforma in una matrice di $M \times N \times Q \times T$ pixel, dove Q è il numero delle connessioni tra ogni pixel con quelli del suo intorno e T è il numero di istanti discreti dall'inizio alla fine del processo. Quindi, se il valore della connettività tra i pixel varia nel tempo, è evidente che in ogni istante di tempo T si potranno generare T matrici diverse di Q pixel, ciascuna delle quali renderà visibili le sole relazioni che esistono tra ogni pixel e ognuno dei suoi vicini.

I sistemi ACM, quindi, rimodellano un'immagine digitale qualsiasi tramite tre operazioni:

- trasformano l'immagine originale in una rete connessa di pixel ; quindi aggiungono una dimensione all'immagine stessa, la dimensione W delle connessioni tra un pixel e i pixel del suo intorno ;
- applicano all'immagine trasformata delle operazioni locali, deterministiche e iterative che trasformano direttamente o indirettamente la luminosità originaria di pixel e/o le loro connessioni ; quindi aggiungono all'immagine originaria un'ulteriore dimensione T : il tempo ;
- terminano questo processo quando la funzione di costo sulla quale sono fondate le operazioni di trasformazione dell'immagine è soddisfatta ; quindi considerano finito il tempo delle trasformazioni quando il processo stesso di trasformazione si stabilizza in modo autonomo.

Se le varie immagini che si succedono dipendono dalle connessioni tra i propri pixel, se le operazioni di trasformazione sono locali, deterministiche e iterative, e se il processo trasformativo tende autonomamente verso un attrattore stabile, allora il processo di trasformazione dell'immagine è esso stesso parte del contenuto informativo globale di quella immagine.

La prima ipotesi sulla quale, quindi, si fondano i sistemi ACM è la seguente : « ogni immagine a N dimensioni, trasformata in una rete connessa di unità che si sviluppano nel tempo, tramite operazioni locali, deterministiche e iterative, può mostrare, in uno spazio dimensionale più ampio, delle regolarità morfologiche e dinamiche che nelle dimensioni originarie sarebbero non visibili oppure qualificabili come rumore »⁶.

Questa descrizione introduttiva era necessaria per sintetizzare alcune delle ipotesi di base su cui si fondano i sistemi ACM. Consentendo così al lettore di osservare i risultati scaturiti dalle elaborazioni di immagini mediche, apprezzandone la capacità di estrarre informazione nascosta, cioè rendere « visibile » ciò che risulta « invisibile » all'occhio umano.

⁶ Massimo Buscema, *Sistemi ACM e Imaging Diagnostico – Le immagini mediche come Matrici Attive di Connessioni*, op.cit.

Nel primo esempio, illustrato dalla figura 5, è rappresentata una coppia d'immagini, l'immagine a sinistra è l'immagine sorgente, quella a destra è l'immagine elaborata con uno dei sistemi ACM.

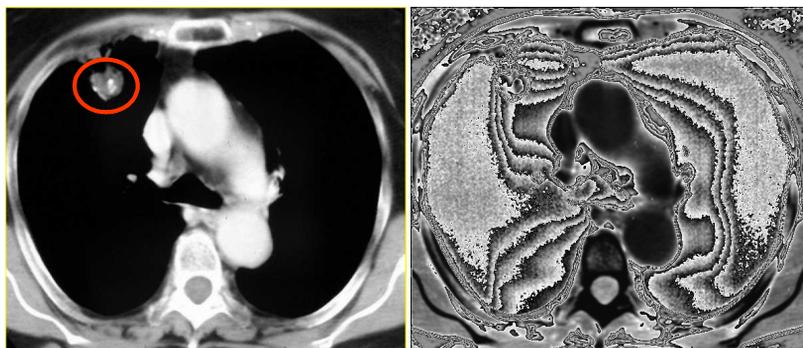


Fig. 5a : Immagine sorgente : TAC Fig. 5b Immagine elaborata : ACM-CM Rem

In questa prima coppia d'immagini siamo in presenza di un'immagine TAC al torace che rappresenta la fetta di un polmone di un paziente, nel quale è presente un tumore maligno raffigurato, in alto a sinistra, da un nodulo a margini irregolari (evidenziato dal cerchietto rosso). Nell'elaborazione effettuata con gli algoritmi di uno dei modelli ACM (CM Rem) si può osservare che tutta la zona nera dell'immagine originale si è trasformata in una zona complessa popolata da una serie di onde irregolari che la attraversano. Da un punto di vista medico l'osservazione di questo fenomeno ha portato a riflettere sulla possibilità che il sistema sia stato in grado di portare alla luce la struttura dei vasi linfatici, lavorando sulle microdifferenze d'intensità del nero che l'occhio umano non è in grado di percepire.

Un secondo esempio è rappresentato da un nuovo algoritmo che appartiene alla famiglia dei sistemi ACM, ideato da M. Buscema e denominato J-Net⁷.

J-Net è un algoritmo in grado di identificare i bordi di immagini complesse, dotate di contorni particolarmente sfumati e cariche di « rumore visivo ». Riesce a definire lo scheletro di una figura sfruttando unicamente la luce riflessa dell'immagine. Sembra in grado di delineare una traiettoria evolutiva di alcune patologie in ambito medico a partire da specifiche immagini radiografiche statiche.

Si è scoperto che durante l'elaborazione di un'immagine assume una notevole rilevanza l'introduzione di un parametro alfa (α) che determina la

⁷ La spiegazione dettagliata dell'algoritmo J-Net è contenuta nella recente pubblicazione di Massimo Buscema, Luigi Catzola, Enzo Grossi, « Images as Active Connection Matrixes : the J-Net System », in *IC-MED* (International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences), Vol. 1, n° 3, Issue 1, p. 187-213, 2007, TSI Press USA.

sensibilità del modello alla luminosità dell'immagine, regolando diversamente e indipendentemente la scalatura dei valori. In questo modo il ricercatore, prima dell'elaborazione, può decidere la « messa in sintonia » del modello, attraverso il parametro α , decidendo di evidenziare diversi tipi di bordi nell'immagine da elaborare. Questa possibilità di sintonizzazione, derivata dai diversi valori assunti dal parametro α , è particolarmente interessante in quanto evidenzia che la radiografia di un tumore, colto come luogo di luminosità particolare, può essere bordato così come appare nel suo massimo della luminosità, ma anche nelle diverse luminosità periferiche che appaiono intorno al tumore. Queste luminosità sembrano in grado di predire gli stati successivi di avanzamento del tumore, cioè indicarne le dinamiche di sviluppo.

Dalle prime analisi mediche sembra che queste diverse luminosità siano collegate al modo in cui il tumore tende a muoversi. Una stessa immagine può essere elaborata tramite J-Net con diverse soglie α in modo indipendente. Le immagini elaborate con diverse soglie α porranno in evidenza immagini finali con figure diverse. I fattori α più bassi evidenzieranno solo le figure dotate di una luminosità più intensa, mentre fattori α più grandi porranno in evidenza solo le figure dotate di una luminosità sempre meno intensa.

Diversi valori di α , quindi, effettuano sulla immagine assegnata una scansione delle diverse intensità luminose.

Se prendiamo, ad esempio, la radiografia di una « massa tumorale » evidenziata in una mammografia si possono osservare i diversi tipi di elaborazione che si ottengono intervenendo sul parametro α .

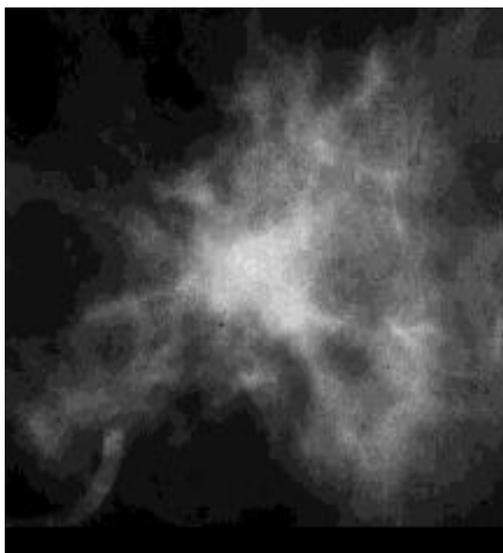


Fig. 6 Particolare di massa spicolata proveniente da una radiografia al seno

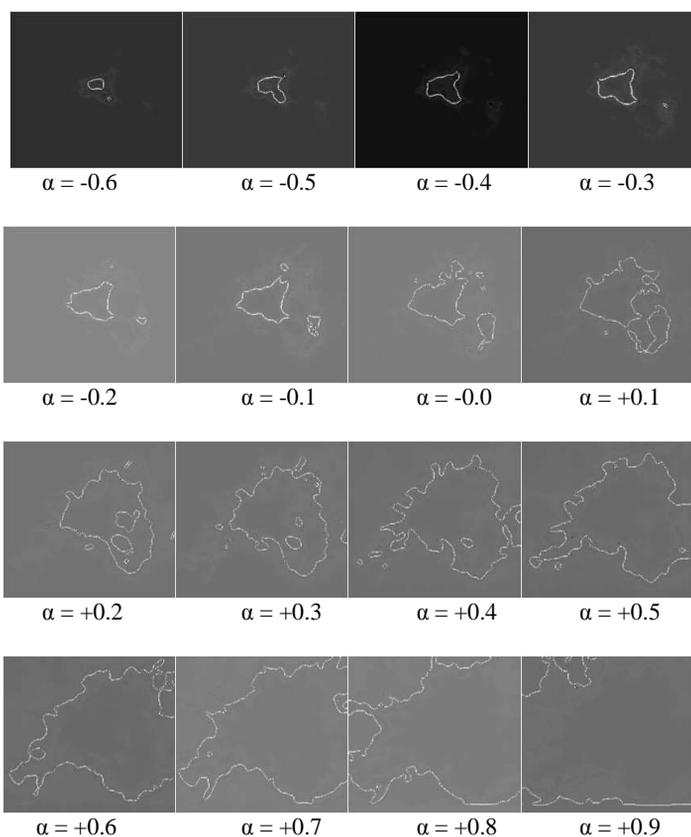


Fig. 7 Elaborazioni sulla immagine in figura 6 con diversi parametri di α

Se in ambito medico è possibile stabilire una corrispondenza tra l'intensità luminosa dell'immagine e l'attività della patologia, allora è possibile utilizzare le diverse scansioni di J-Net per individuare un ordine temporale di sviluppo della patologia stessa. La sequenza di elaborazioni, ottenute modificando il parametro α , visualizza tale fenomeno.

Un'altra serie di esperimenti sono stati fatti sui tumori ai polmoni. In questi casi si suppone che la diversa intensità luminosa presente nella tomografia computerizzata rifletta le zone dove il tumore è più attivo. Nel caso dei tumori maligni le parti più periferiche possono sembrare all'occhio umano scure come lo sfondo, mentre in realtà dovrebbero presentare « ombre leggere » di luminosità, che indicano le strategie di esplorative e diffusive del tumore stesso. Queste microvariazioni di luminosità possono essere così sottili che altri algoritmi di analisi potrebbero facilmente classificarle come « rumore » ed eliminarle.

Il sistema J-Net sembra capace cogliere delle microvariazioni di luminosità, riuscendo a distinguere i casi in cui tali microvariazioni dello sfondo rappresentano semplice rumore da quelli in cui le oscillazioni rappresentano un modello di immagine appena accennato.

La scansione effettuata da J-Net sull'immagine originale, tramite la variazione del parametro α , si è dimostrata capace di far emergere alcune forme di sviluppo di tumori ai polmoni con uno o due anni di anticipo.

Mostriamo le immagini (Fig. 8) di due esperimenti realizzati su questa patologia. Provengono da un articolo scientifico pubblicato da alcuni ricercatori giapponesi su una rivista internazionale e riprese nell'articolo pubblicato da alcuni ricercatori del Semeion sul sistema ACM-JNet.⁸



Fig. 8a
paziente al tempo 0



Fig. 8b
elaborazione J-Net su 8a



Fig. 8c
paziente un anno dopo

Nel primo esperimento l'immagine (8a) mostra un tumore (adenocarcinoma) di un paziente di 74 anni, rispetto alla quale i medici non ritengono di poter confermare una diagnosi di tumore certa. L'immagine (8c) mostra l'immagine dello stesso paziente effettuata dopo circa un anno, nella quale si evidenzia un avanzamento del tumore consentendone una diagnosi certa. L'immagine (8b) intermedia è costituita dall'elaborazione di J-Net (parametro $\alpha=0.4$) effettuata sul primo originale (8a), dove si può notare come i contorni della zona tumorale siano molto somiglianti alla forma che il tumore assumerà un anno dopo.

⁸ Buscema M, Catzola L, Grossi E, « Images as Active Connection Matrixes : the J-Net System », in *IC-MED (International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences)*, Vol. 1, n° 3, Issue 1, TSI Press USA, 2007, pp. 187-213.

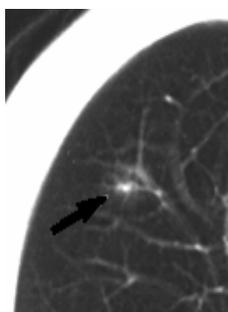


Fig. 9a
paziente al tempo 0

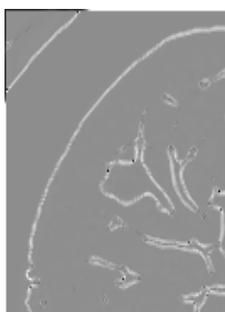


Fig. 9b
elaborazione J-Net su 9a

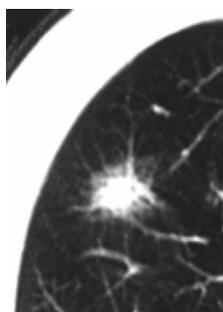


Fig. 9c
paziente 3 anni dopo

Nel secondo esperimento (Fig. 9) è stata seguita la stessa procedura. In questo caso si tratta di un altro paziente di 64 anni che nell'immagine (9a) presenta la possibilità di un adenocarcinoma non certo. Nell'immagine (9c) la tomografia computerizzata, effettuata dopo circa 3 anni, mostra l'evidente incremento dell'area tumorale. Nell'elaborazione, sull'immagine del paziente al tempo 0, effettuata con J-Net (parametro $\alpha=0.4$) l'immagine (9b) descrive con buona precisione lo sviluppo del tumore dopo tre anni.

I sistemi di elaborazione della famiglia ACM sono stati applicati anche ad immagini non appartenenti all'ambito medico. Facciamo un ultimo esempio elaborando l'immagine del pianeta Saturno, utilizzando l'algoritmo Top-Net.

Nella figura 10 abbiamo un'immagine di Saturno registrata da un potente telescopio, che consideriamo l'immagine sorgente.

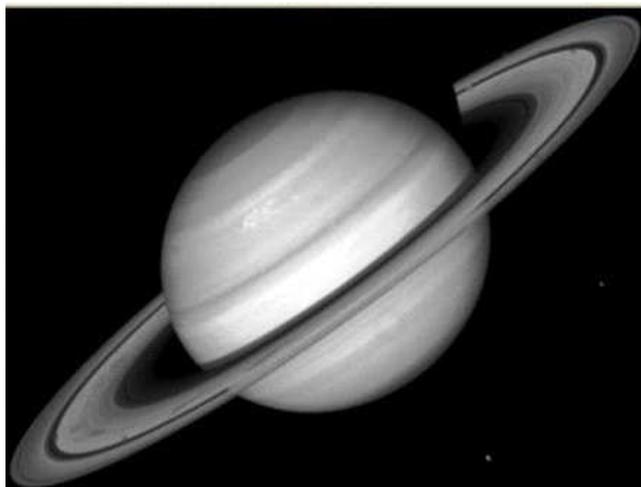


Fig. 10 Immagine sorgente di Saturno

Nella figura 11 abbiamo il risultato finale dell'elaborazione sull'immagine sorgente effettuata con l'algoritmo Top-Net del sistema ACM.

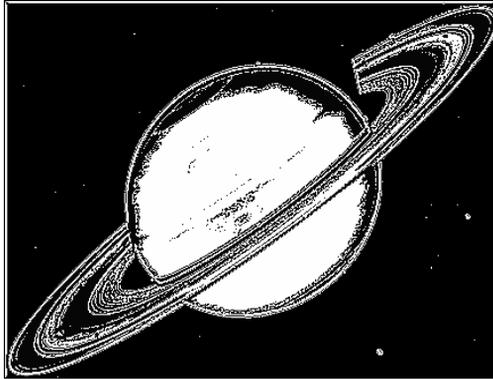


Fig. 11 Immagine di Saturno elaborata dal sistema ACM

Osservando attentamente queste due immagini si può notare che nell'immagine sorgente si vede Saturno sospeso nel buio dell'universo senza altri elementi che lo circondano. Nell'elaborazione effettuata con il sistema ACM Top-Net emergono chiaramente dei punti che identificano delle stelle presenti nell'immagine sorgente, ma non percepibili dal telescopio che le ha registrate.

Può essere utile, ora, vedere su che cosa lavora l'algoritmo per raggiungere questo risultato. Nella tabella che segue (Fig.12) è mostrata una piccola parte dell'immagine sorgente di Saturno in digitale. Sono questi i numeri su cui il sistema lavora per evidenziare e captare quelle microdifferenze che non appaiono all'occhio umano, ma che svelano oggetti presenti nell'immagine originaria.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	24	37	43	47	50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	23	37	43	48	50	53
0	0	0	0	0	0	0	0	6	22	37	43	48	51	54	57
0	0	0	0	0	0	0	0	5	19	36	44	48	51	55	61
0	0	0	0	0	0	3	17	34	43	48	52	55	58	61	65
0	0	0	0	0	2	13	31	42	48	52	55	59	61	65	68
0	0	0	0	1	11	28	41	47	52	55	59	62	65	68	71
0	0	0	0	8	26	39	47	51	55	58	62	65	69	71	74
0	0	0	4	21	38	45	50	54	57	61	64	68	71	74	77
0	0	2	15	35	45	49	53	57	60	64	67	70	74	77	80
0	1	11	31	44	49	53	57	60	63	66	70	73	77	80	83
0	7	27	42	48	53	56	59	62	65	69	73	76	80	84	85
3	21	39	47	52	55	59	62	66	70	71	76	79	83	85	87
15	35	45	50	54	58	62	65	68	71	74	79	82	85	88	92
30	43	49	53	57	61	65	68	71	74	77	81	85	90	95	102
41	47	53	56	60	64	68	71	74	77	81	86	92	99	105	111
47	52	56	59	63	67	71	74	79	84	90	96	101	109	114	119
51	55	60	63	67	72	75	82	88	95	100	105	109	115	119	123
55	59	64	68	73	78	84	91	96	102	106	109	114	118	122	126
61	65	70	75	80	87	94	97	101	107	111	112	116	121	125	130
66	72	76	82	87	93	98	101	105	108	112	116	119	123	126	130
70	75	80	86	92	96	100	104	108	112	117	120	123	127	129	133
74	78	84	89	95	98	102	107	110	116	119	122	123	127	131	134
78	84	90	95	99	102	105	110	113	118	121	124	129	130	132	134
82	87	93	97	100	103	108	111	116	119	124	129	131	132	133	136
86	89	95	98	102	107	110	115	119	122	126	130	131	133	134	138
89	94	99	101	105	109	112	117	121	122	124	128	133	135	137	139
92	96	101	104	107	111	115	118	120	125	126	129	134	135	136	139
95	99	104	107	109	114	117	121	126	129	130	131	135	136	139	141
97	100	105	108	111	118	119	122	125	129	131	134	137	138	140	143
98	102	104	109	114	118	121	125	128	131	133	136	138	140	142	145
99	104	108	112	117	119	122	125	128	132	136	138	140	142	145	146
100	106	109	113	117	121	125	128	132	135	139	140	141	143	145	147

Fig. 12 Parte dell'immagine digitale di Saturno

In questo passaggio è contenuta la strutturale « trasformazione intelligente » che determinati modelli di elaborazione sono in grado di produrre riconsegnando alla componente visiva una nuova struttura sintattica, restando nell'attesa di una semantica che ne consentirà l'uso funzionale.

Conclusioni

Ogni struttura, sia vivente che non vivente, in natura si manifesta attraverso una forma, ogni forma si manifesta attraverso un'immagine. L'occhio umano è lo strumento più sofisticato per comprendere le immagini. I modelli matematici, che simulano le logiche di funzionamento dell'occhio per analizzare la struttura delle immagini, sembrano costituire un buon sistema per comprendere le dinamiche della natura.

Nota

Tutte le immagini provengono da elaborazioni prodotte con i software di ricerca del Semeion (Semeion©), in particolare :

GenD TSP software, Buscema M, (v. 3, 1998-2006 Semeion©).

ACM software, Buscema M, (v. 12.5, 2005-2009 Semeion©).

Bibliografia

Michael A. Arbib, *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, A Bradford Book, Cambridge, The MIT Press, 1995.

Massimo Buscema, Marco Intraligi, Guido Maurelli, « Introduzione alla filosofia dei Sistemi Artificiali Adattivi e loro applicazioni », in *SAAB Sistemi Artificiali Adattivi in Biomedicina* n° 1, Gastroenterologia, Di Renzo Editore, Roma, 2005, vol. I, pp. 104-163.

Massimo Buscema, Guido Maurelli, « Immaginazione scientifica, rigore e ragionevolezza » *Atti del Convegno di Studi Tomo I. Ragione, ragionevolezza, esperienza (esperimento), dimensione oggettiva e storica della ricerca scientifica e giuridica* a cura di Augusto Cerri, Aracne Editrice, Roma 2007, pp. 171-200.

Massimo Buscema, « Genetic Doping Algorithm (GenD): theory and applications », in *Expert Systems*, Blackwell Publishing, Vol.2 n° 2, May 2004, pp. 63-79.

Massimo Buscema, *Sistemi ACM e Imaging Diagnostico – Le immagini mediche come Matrici Attive di Connessioni*, Springer-Verlag Italia, 2006.

Massimo Buscema, Luigi Catzola, Enzo Grossi, « Images as Active Connection Matrixes : the J-Net System », in *IC-MED (International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences)*, Vol. 1, n° 3, Issue 1, TSI Press USA, 2007, pp. 187-213.

James L. Mc Clelland, David E. Rumelhart, (Eds) *Parallel Distributed Processing*, Vol. 1 *Foundations, Explorations in the Microstructure of Cognition*, Vol. 2. *A Distributed Model of Human Learning and Memory, Psychological and Biological Models*, Cambridge, The MIT Press, 1986.

Obstinément efficace

Rhétorique visuelle du cerveau humain

Tiziana MIGLIORE
Université IUAV de Venise

Les études les plus récentes sur la structure du cerveau humain corroborent la thèse d'Alfred North Whitehead (1929) selon laquelle le cerveau, lorsqu'il se donne sous forme d'événements et de représentations, constitue un *supraobjet*, qui est une modélisation du sujet décrit.

Situé, cartographié, alloti, le cerveau est aujourd'hui devenu un dispositif métalinguistique. Fruit d'un contentieux entre laboratoires, il est en effet au sein d'une négociation entre le pouvoir et le savoir. C'est en quelque sorte le *Risk* de la recherche scientifique moderne, avec les mêmes phases de renforcements, d'attaques, de déplacements stratégiques qui valent à ce jeu de société sa célébrité. On peut dire, enfin, que le cerveau humain recouvre cette fonction d'enjeu tant dans le domaine de la physiologie que dans celui de la neuropsychologie.

C'est ce que nous tenterons de démontrer en examinant deux cartographies du cerveau humain apparues récemment et qui se différencient l'une de l'autre. D'un côté, un travail à l'avant-garde dans le domaine médical : l'*Atlas of Human Brain* (2006) résultat des recherches de trois neurologues (Jurgen Mai, Joseph Assheurer et Gorge Paxinos) adressé à un public de spécialistes du secteur ; de l'autre, une œuvre de vulgarisation destinée, elle, au grand public : *Mapping the Mind* (1999) de Rita Carter, journaliste anglaise.

Notons que la création d'un Consortium International pour la Cartographie du Cerveau (*International Consortium for brain mapping, ICBM*), association réunissant un ensemble de projets de cartographie encore en cours de réalisation, amène tout naturellement à réfléchir sur le développement de ce que nous pouvons appeler un *genre*, aujourd'hui très répandu dans la littérature médicale, celui de l'*atlas*. En effet, tout comme en géographie, des publications de ce type explorent l'objet dans sa totalité et dans une double perspective : globale et locale, c'est-à-dire à l'aide de vues

panoramiques mais aussi grâce à des procédures de mise au point très détaillées.

Nous nous intéresserons à l'exploration de la *rhétorique de l'atlas humain*, en anatomie et en science du comportement. L'on prendra également soin d'analyser certaines « *perspectives de consistance optique* » (Latour 1990) attribuables à des processus qui ne se manifestent pas facilement à l'œil nu. Ces perspectives — comme Françoise Bastide l'a par ailleurs parfaitement documenté (2001) — servent non seulement à illustrer et à favoriser l'observation, mais aussi à faire croire, ainsi qu'à obtenir l'approbation et à inspirer confiance. Il y a donc une dimension rhétorique et une dimension sémiotique qui se réfèrent à deux niveaux différents. Ainsi, on peut dire que la première ne peut être absorbée par la seconde, car on a d'un côté l'expression de contenus et de l'autre une fonction communicative que l'on attribue à la sémantique et qui a pour but de gagner, en quelque sorte, une bataille. Le mode de la persuasion constitue une sorte de pari que l'on ose d'une part au regard des contenus du texte énoncé et d'autre part en fonction de celui qui les énonce et en particulier en fonction du crédit professionnel dont il jouit. Car, en effet, il n'existe pas toujours une institution en mesure de conférer l'autorité et la légitimité nécessaires pour affirmer certaines choses. On le voit dans les colonnes B et C du tableau de Fabbri et Latour (1977) à propos des conceptions hagiographiques et sociographiques de la science (Schéma 1).

Ce tableau présente les quatre façons les plus courantes d'aborder la littérature scientifique. Pour des raisons pratiques qui seront expliquées ailleurs, la connaissance scientifique peut être considérée comme un réseau d'articles qui agissent les uns sur les autres par l'intermédiaire des savants (colonne C). Mais on peut aussi (colonne B) considérer que les savants agissent les uns sur les autres par l'intermédiaire des articles, obtenant ainsi la reconnaissance. Tout se passe donc comme si les articles engendraient d'autres articles et comme si les chercheurs n'échangeaient entre eux que du prestige. Telles sont les deux voies que suit alternativement la sociologie des sciences. Ces deux voies diffèrent de l'analyse commune qui voit dans la Science soit des Savants -quand il n'y a que des auteurs-, soit des Connaissances -quand il n'y a que des réseaux d'articles-. Les colonnes A et D du tableau résument ces deux façons de faire disparaître l'activité scientifique soit dans des individus, soit dans des énoncés. Dans cet article nous suivrons une voie, différente bien sûr des deux analyses communes, mais différente aussi des deux voies suivies jusqu'ici en sociologie des sciences puisque nous considérons à la fois les stratégies des auteurs et les interactions des textes (ligne brisée du schéma).

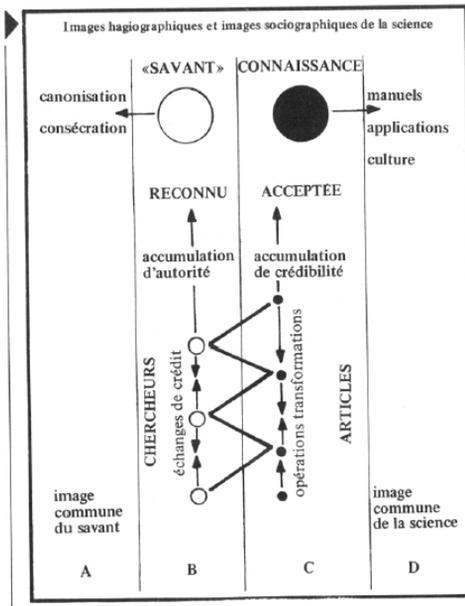


Schéma 1. *Images hagiographiques et images sociographiques de la science*, B. Latour et P. Fabbri, « La rhétorique de la science » (1977).

L'activité de construction intertextuelle se trouve au centre, à la fois pour celui qui affirme sa position au sein de la communauté scientifique — c'est le cas de l'*Atlas of Human Brain* — mais aussi pour celui dont le but est d'obtenir officiellement le rôle de reporter scientifique de masse — comme cela arrive pour l'autre ouvrage, *Mapping the Mind*. Peter Galison (1998) soutient à juste titre que le jugement de l'autre n'est pas automatique, mécanique ; en effet, on le prépare et on le dévance, par le biais de stratégies laborieuses. De notre point de vue, les réseaux à travers lesquels l'anatomie et la psychologie visualisent respectivement *brain* et *mind* servent justement à leur élaboration même. Ces réseaux se présentent en somme comme des dispositifs servant à penser et à débattre.

Revenons un peu en arrière dans le temps, afin de poser la problématique du travail d'interprétation dans les sciences dures. Au cours du XVIII^e siècle — comme nous le rappelle Michel Foucault (1963) — les scientifiques observaient directement le cerveau, en ouvrant le crâne. Pour Bichar, Récamier et Lallemand, voir signifiait percevoir *de visu* et l'œil constituait la porte d'accès à la vérité. Mais avec la clinique, au XX^e siècle, la médecine s'ouvre au discours et à la *corrélation qui existe entre ce qui est visible et ce que l'on peut énoncer*. L'observation *participée*, c'est-à-dire qui n'est pas le fait d'une seule personne, inaugure une capacité nouvelle de voir ce qui se transforme en des processus de *mise en image*, toujours moins invasifs et plus efficaces. Ainsi, l'interprétation, autrement dit le diagnostic, devient un effort de coordination entre symptôme, regard et langage¹.

Le problème que Foucault se pose dans son essai de 1963 — à savoir, est-il possible d'intégrer dans un tableau (structure visible et lisible dans le même temps, ensemble spatial et verbal) ce que le regard du clinicien perçoit et ce qu'il comprend à travers le langage essentiel de la maladie ? — est encore d'actualité. Aujourd'hui, ce sont les frontières de la neuro-informatique qui répondent à cette question puisque cette matière a pour but « la constitution de systèmes référentiels de probabilité, de topométries dotées de codes de coordonnées spatiales définies » (Mai, Assheur, Paxinos, 2006). La relation est inversée. En effet, les technologies de visualisation prennent le dessus sur la référence et reconfigurent le rapport entre l'objet et le corps, façonnant en même temps et à la même vitesse, les modalités du regard médical.

Au fil des années, des techniques de filmage toujours plus sophistiquées, digitalisées, ont favorisé :

- 1) une représentation en 3D qui comprend également les 2/3 de la matière cérébrale qui se trouve sous le cortex. Cette représentation a en somme favorisé la recherche au niveau des zones internes du cerveau. Avant, les cartes étaient bi-dimensionnelles et se limitaient

¹ Le passage d'une sémiologie de la perception à une sémiologie clinique dans laquelle c'est le corps-informateur construit comme tel par l'observation qui parle, représente une rupture capitale. L'espace d'énonciation devient celui du corps volumétrique et non plus celui de la superficie corporelle. Cfr. Fabri 2005, pp. 26-34.

à l'observation de la superficie externe. On connaît bien par exemple les cartes préparées au début du XX siècle par l'allemand Korbinian Brodmann (1909). Ce célèbre neurologue se servait avant tout de grands formats pour représenter les sections, ainsi que d'un code chromatique rigoureux qui servait à différencier typologiquement les différentes aires. Il utilisait aussi différentes façons de tracer les traits afin de donner l'impression de degrés différents d'aspérités

- 2) le passage d'une image statique de la structure du cerveau à une approche de sa *dynamique*. En effet, la possibilité de nous concentrer sur les processus nous permet de savoir quelles sont les parties du cerveau qui sont les plus actives en fonction de l'activité que l'individu est en train de mener.

L'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf), technique extrêmement raffinée pour l'étude *in vivo* de la biochimie cérébrale, assure de ce point de vue un bon compromis entre résolution spatiale et temporalité. Morana Alac et Edwin Hutchins parlent de cet aspect dans une récente contribution scientifique qui énonce le résultat d'une micro-analyse d'enregistrements vidéos. Ils démontrent que l'action, du point de vue des scientifiques, est constitutive du savoir. Les scientifiques produisent de la connaissance en interagissant entre eux et en utilisant des ressources sémiologiques comme l'oralité, les gestes, les inscriptions, les images ou encore d'autres instruments. En ce qui concerne l'IRMf, Alac et Hutchins (2004) déclarent : « Il s'agit d'une technique grâce à laquelle il devient possible d'accéder à la cartographie de l'activité neuronale, de l'identifier et de l'apprendre ». Pour eux, les localisations dans le champs visuel correspondent point par point à des aires organisées à l'intérieur du cerveau. Quel serait alors le but de la production du savoir ? Une simple reconnaissance de quelque chose qui nous est déjà donné ? Ou, s'il est vrai comme le soutient Fontanille (1999) qu'il existe une tension entre l'identification icônique et l'impression référentielle, à qui est adressée cette tension ? Un sujet complice et/ou adversaire est-il mis en cause ?

Dans le cadre des recherches sur le cerveau humain, si l'on devait indiquer une constante, un *mobile immuable* comme le nomme Latour, c'est-à-dire un facteur qui se conserve dans le temps et dans le passage d'un médium à l'autre, on pourrait aisément penser à la *régionalisation*, à la division en aires. Même si la théorie modulaire du cerveau a vécu des moments de fortune très diverses. En effet, dans les années trente du siècle dernier par exemple, le neurologue Karl Lashley convainc la plus grande partie de ses confrères que les fonctions cognitives supérieures relèvent d'une action neuronale de masse, unifiée. Ainsi, pendant un certain temps, on cessa de faire des topographies. C'est la psychochirurgie qui en favorisa le retour. Ce dernier élément est un point important et qu'il ne faut pas sous-évaluer, comme nous le verrons avec le livre de R. Carter. À notre époque, enfin, il est dans la norme d'imaginer le cerveau à l'instar d'un *territoire divisé et partagé*. Cette vision s'est finalement imposée de façon stable et

conventionnelle. Deleuze et Guattari eux-mêmes (1991) qui pourtant considèrent les connections neuronales en terme *de champs de forces qui se font et se défont*, tiennent pour fondamentale la Gestaltheorie dans la lecture des relations. On peut dire enfin que la carte garde, d'un côté, la mémoire de la littérature scientifique produite sur les réactions cérébrales, et de l'autre — mais c'est encore à vérifier — elle apparait toujours plus comme *un modèle visuel de communication stratégique*.

1. Le genre de l'atlas en physiologie

Venons-en donc à l'analyse de *l'Atlas du cerveau humain* de Mai, Assheurer et Paxinos (2006).

Le volume se présente comme « the first comprehensive topographic and diagrammatic account of the human brain that has sufficient detail to provide current needs of the scientific community » (*ibid.*, VII). Il contient des radiographies, des analyses microscopiques et des exemplaires de techniques de l'imagerie cérébrale, comme la tomographie par émission de positron (TEP) ou la résonance magnétique (IRM). Le travail est organisé en deux parties. La première est un atlas *macroscopique* qui comprend la section de trois têtes humaines, du point de vue ventral et dorsal et sur les trois plans horizontal, coronal et sagittal.

Les têtes sont le fruit d'images obtenues à travers la résonance magnétique. Sur les mêmes feuilles on trouve des radiographies et des dessins anatomiques. Ensemble, ces trois formes de figuration fournissent une vision complète et globale du crâne. Notons que les images radiographiques sont traitées de façon progressive : d'une densité maximale d'impression référentielles à une rarefaction progressive.

La deuxième partie, quant à elle, constitue un atlas *microscopique* fait de tomographies et de diagrammes de sections istologiques obtenues sur un cerveau humain en coupe horizontale. A côté de chaque image il y a un tableau avec les références aux sigles utilisées. Une version informatisée sur cd-Rom permet d'associer et de comparer les différents types de représentations. Il s'agit là d'un instrument considérable de transformation de l'atlas en banque de données 3D. Cet instrument permet en effet l'analyse et la manipulation des diverses zones du cerveau en sélectionnant la *Region of interest* (ROI) sur laquelle on peut, si on le désire, intervenir à travers une série d'opérations. En voici quelques-unes : la sélection, la focalisation, l'expansion, la marginalisation, l'augmentation du volume, la coordination. Il y a aussi une opération optionnelle qui permet de passer de la cyto-architecture à la fibro-architecture et à l'angio-architecture. Tout ceci démontre que l'on a pensé à permettre, à la fois, le changement de medium — de la radiographie au dessin en 3D ou au diagramme, évidemment toujours sur un support digital — mais aussi le changement de substance : de la structure cellulaire à celle des tissus et à celle du système lymphatique. Chacun peut visualiser simultanément ces images puisqu'il a la possibilité d'ouvrir des fenêtres multiples. En ce qui concerne la structure substantielle

du cerveau il serait bon de s'arrêter un instant sur la description que propose Isaac Asimov (1966) qui était, ne l'oublions pas, avant tout un biochimiste.

Grant aussi, pendant un instant, éprouva la même sensation. Bien entendu le cerveau humain était l'objet le plus intensément compliqué de l'univers renfermé dans le plus petit espace possible. Tout autour d'eux, le silence régnait. Les cellules qui réussissaient à émerger étaient dentelées, irrégulières avec des dendrites fibreuses proéminentes ici et là, un peu comme une ronceraie. Alors qu'elles voyageaient dans le fluide interstitiel, le long des couloirs qui se formaient entre une cellule et l'autre, nous pouvions observer les dendrites entremêlées l'une sur l'autre et, pendant un court instant, elles passèrent sous ce qui nous semblait être une allée d'arbres ancestraux. Bien entendu le cerveau humain était l'objet le plus intensément compliqué de l'univers renfermé dans le plus petit espace possible. Tout autour d'eux, le silence régnait. Les cellules qui réussissaient à émerger étaient dentelées, irrégulières avec des dendrites fibreuses proéminentes ici et là, un peu comme une ronceraie. Alors qu'elles voyageaient dans le fluide interstitiel, le long des couloirs qui se formaient entre une cellule et l'autre, nous pouvions observer les dendrites entremêlées l'une sur l'autre et, pendant un court instant, elles passèrent sous ce qui nous semblait être une allée d'arbres ancestraux.

À propos de l'image examinée par Jacques Fontanille (2007) et qui a été présentée lors du colloque d'Urbino (fig. 1), on peut relire le passage suivant, toujours tiré d'Asimov (*ibid.*):

Le déferlement d'étincelles était visible de partout ; elles se propageaient le long des cellules, montant et descendant le long des fibres, zigzagant en un système incroyablement complexe qui semblait, à première vue, dénué d'un ordre quel qu'il soit et qui donnait, malgré tout et on ne sait comment, une impression d'ordre. Ce que nous sommes en train de voir, dit Duval, c'est l'essence de l'humanité. Les cellules forment le cerveau physique, mais ces éclairs en mouvement représentent la pensée, l'esprit humain.

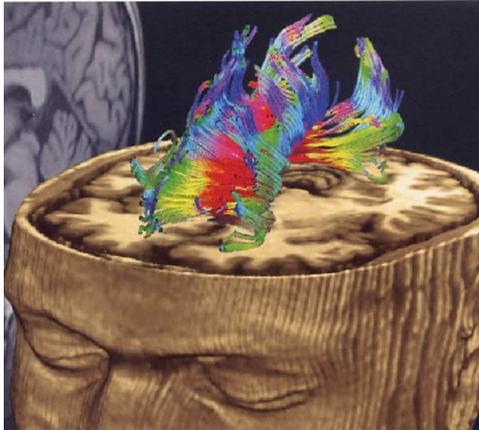


Fig. 1 « Le numérique au service de la santé », *Pictures of the future*, Munich, Siemens, Automne-hiver 2004-2005, p. 34.

Il y a, dans la science, une culture latente de la *transduction verbo-visuel* qu'il faudrait sérieusement prendre en compte.

Par la façon dont l'objet d'étude est mis en évidence, il est intéressant de faire quelques observations sur la forme d'écriture choisie pour le volume : le fait, par exemple, que tout soit écrit à la troisième personne, c'est-à-dire en quelque sorte objectivé, ou encore le choix d'une énonciation au pluriel (*The authors*).

D'un autre côté, la section intitulée *Matériaux et méthodes* (Fig. 2) est très riche. Car elle dévoile quelles ont été les pratiques de préparation de la carte et elle ajoute de didascalies qui fournissent des clefs pour la lecture. D'ailleurs elle met en évidence la nature des moyens dont on a eu besoin pour réaliser cette entreprise de cartographie. Il est important de souligner que ce type de pratique, c'est-à-dire le fait de relever ce que l'on pourrait nommer « l'envers du décor », est en général le soin des théoriciens des sciences et pas celui des scientifiques eux-mêmes. Pourtant, dans cet ouvrage, on trouve quatre photos, classées par ordre chronologique qui synthétisent le travail effectué. Ces photos interagissent avec le texte et renforcent encore l'idée que les auteurs ont voulu donner des indications précises sur leur travail de cartographie.

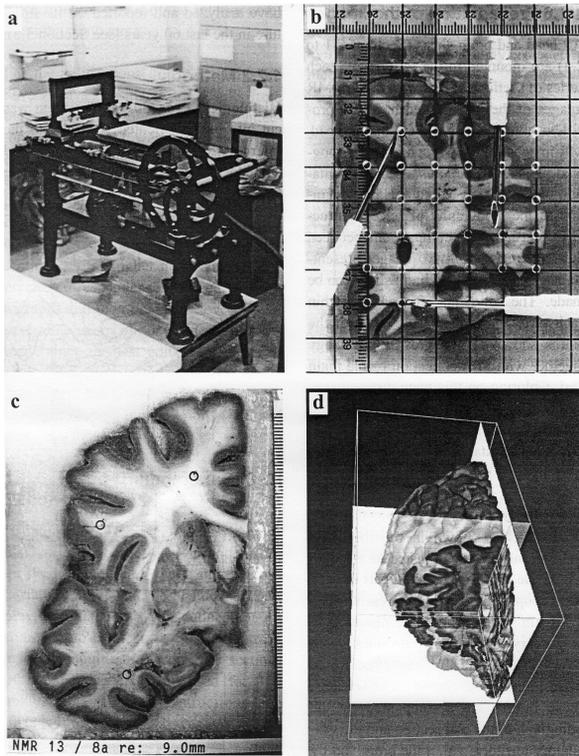


Fig. 2. Matériaux et méthodes. Mai, Assheurer et Paxinos (2006).

- (a) Le cerveau est sectionné sur une table d'opération. Dans un premier temps, les tranches sont immergées dans une substance fixative pendant quarante-huit heures, ensuite, on les met dans des moules spécialement conçus à cet effet. Les tranches sont finalement conservées au surgélateur.
- (b) Sur la forme congelée, on applique une grille graduée et percée qui « n fixe l'orientation verticale » et permet l'inscription de « *marques conventionnelles* » — « punchmarks, fiducial marks » — (Mai, Assheurer, Paxinos 2006 : 3) voire marques de confiance, pour des ajustements futurs dans les diagrammes, au niveau topologique. Il faut clairement les considérer comme des évaluations énonciatives à propos d'objets qui doivent servir d'aide-mémoire.
- (c) On enlève la grille et l'on photographie chaque tranche en prenant la mesure.
- (d) On effectue enfin une reconstruction en 3D.

Parmi ces opérations, la congélation rappelle l'inévitable décomposition et la putréfaction de la matière corporelle et nous signale ainsi l'obstruction qui est faite à un anti-programme narratif. En effet, ainsi faisant, on empêche la partie physique du *corpulent* de s'acheminer de façon autonome à travers son processus biologique.

Les tomographies et les diagrammes des sections, en traduction réciproque, sont projetés à travers une mise en valeur de 6.5. La technique propre à la tomographie, qui permet de choisir ici une coupe extrêmement rapprochée, restituée avec une emphase presque excessive le volume de cette couche de cerveau, qui remplit le format de la page tout entier au point de donner une impression de présence totalisante. Il s'agit là d'un indice de la volonté d'incarnation. Le diagramme conserve les traces de cette incarnation dans sa méréologie, faite de couches, et dans le relief donné au bord de l'image. Sa couleur plus sombre s'explique par la volonté de se détacher du fond.

Dans les cartes, ce qui frappe avant tout c'est qu'il est fait mention d'une « zone d'incertitude » (« *ZI* », *Ibid* : 41 ; 94 ; 165). Il s'agit d'un signe vide, à propos duquel les trois chercheurs admettent ne pas vouloir se prononcer et qui laisse penser que le débat reste ouvert. Cependant, toutes les autres zones ont été occupées et enregistrées. Bruno Latour (1990) a donc raison quand il affirme que les inscriptions en cascade créent une sorte de scénographie dans le texte scientifique. Pour chaque objection on peut trouver une inscription qui stoppe tout net les dissensions et soude au contraire des alliances. L'atlas du cerveau, comme l'atlas géographique, se concède toutefois le bénéfice du doute, restant ainsi ouvert à d'autres interprétations, faites par d'autres laboratoires. *Cogitamus ergo sumus*, pourrait-on dire en revisitant Latour (1996) qui à son tour revisite Descartes.

2. Le genre de l'atlas dans les sciences du comportement

Quels sont au contraire les traits caractéristiques d'une cartographie moderne des comportements humains destinée au grand public ? L'auteure de *Mapping the Mind*, Rita Carter, est journaliste à *l'Independent* et à *New Scientist*. Elle a été deux fois récompensée par l'Association des Médecins Journalistes pour son importante contribution au journalisme scientifique.

Sous la houlette influente des « neurosciences du comportement » (Carter 1999 : 8), Rita Carter s'arroge le droit de documenter l'activité cérébrale qu'elle considère responsable des réponses du comportement. Elle mentionne bien entendu le nom de son conseiller scientifique, Christopher Firth, professeur de Neuropsychologie au Wellcome Department of Cognitive Neurology de Londres. Selon elle, le cerveau humain est un chantier où l'on produit quasiment de tout. Les zones sensorielles élaborent l'image du monde extérieur qui, au début, se présente seulement comme une perception élémentaire qui ne correspond pas au produit fini. La construction cérébrale finale est, elle, une perception dotée de significations. À ce sujet, on peut dire que les liens entre le cerveau et l'âme ont une grande importance et ils sont presque toujours représentés sous forme de parcours et non d'état. La prise en charge de l'énonciation se base sur une imagination bien réglementée qui « interprète » des photos, des dessins, des cartes, des graphiques et des tableaux. Rita Carter mentionne en outre de nombreuses revues prestigieuses, elle construit aussi des interprétations dans lesquelles on voit poindre des stéréotypes culturels bien ancrés, le déjà-vu et le déjà entendu, qui donnent de l'assise au développement de l'argumentation. Les pronoms personnels les plus fréquents sont les pronoms d'allocution « tu » et « nous », qui sont en mesure d'attirer le lecteur dès les premiers instants et de le captiver. De plus, le langage est riche de métaphores et de discours rapportés.

Dans certains passages, l'auteure ose littéralement. Comme par exemple quand elle décrit le cerveau humain en le comparant à une noix de coco ou encore à un œuf qui a la couleur du foie cru et la consistance du beurre (*Ibid.* : 107). On voit bien à travers cet exemple qu'elle utilise des images que la plus grande partie du public peut apprécier et partager. Elle le fait tout aussi bien sur le plan verbal que sur le plan visuel² avec des comparaisons d'une extrême efficacité. Dans le cas de la « dichotomanie » entre les deux hémisphères (*Ibid.* : 35) elle se sert de la définition de « gauche » que donne le *Collins English Dictionary* :

1. Mal menaçant ou évocateur, ou bien bras.
2. Mal ou traître [du latin « sinistro » : gaucher]

Elle utilise en outre une image magriltienne, « surréaliste » (Fig. 3).

² Pour une étude approfondie du fonctionnement de la rhétorique dans les images cfr. Groupe μ 2007.



Fig. 3 Image « surréaliste » des deux hémisphères, Carter (1999).

Chacun des deux hémisphères est présenté comme un actant et il possède des caractéristiques spécifiques : dureté d'âme, logique, esprit critique pour l'hémisphère droit et pour le gauche, bonne disposition envers la nature, émotivité et sensibilité. Autrement dit, l'on oppose le culturel — en gris — au naturel — en vert. La métaphore du corps calleux constitue « un pont entre les deux » (*Ibid.* : 34). Le texte et les images nous racontent une histoire séduisante.

Il existe cependant un risque qui est celui de tromper, en convaincant le lecteur, que les deux hémisphères sont véritablement séparés de façon aussi marquée. Or, il est urgent d'établir une *critique de la science* (Levy-Leblond) qui, en ce qui concerne le fait de prendre des distances avec les affleurements du réel, permette de rétablir la véritable valeur de l'isomorphisme.

L'hypothèse selon laquelle il existe un paysage psychologique du cerveau est strictement liée à la proposition que fait l'auteure et qui consiste en une lecture tactile du cerveau humain.

En effet, Carter fait remonter la naissance de la topographie du cerveau à l'époque de la phrénologie et des pratiques concrètes de manipulations du crâne (Fig. 4).

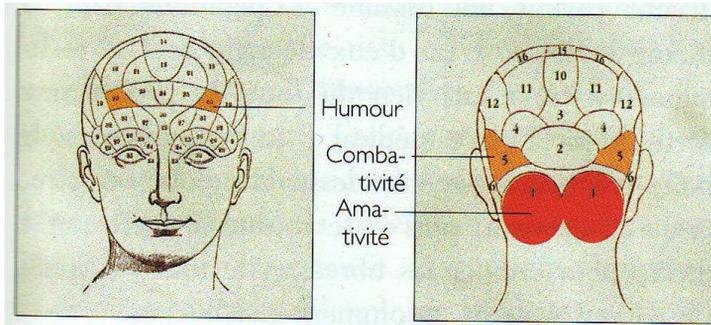


Fig. 4. Franz Gall, Topographie psychologique du cerveau et Phrénologie, Carter (1999).

Franz Gall, le fondateur de la phrénologie, écrit en 1834 : « Mettez un doigt sur la nuque, puis bougez-le vers le bas et vers le haut. Vous trouverez à cet endroit une protubérance » (Carter 1999 : 11). Il s'agit de l'organe de l'affectivité amoureuse, thermiquement plus chaud ; du point de vue plastique, rouge et en relief. La seconde zone, celle de la combattivité, est plus plate et plus claire, ainsi que « peu étendue, surtout chez les indiens d'Asie et chez les habitants de Ceylan » (*Ibid.* : 11). Toujours selon les théories de Gall, sur le front on trouve l'organe de l'humour, de l'hilarité que l'on a pu observer à la suite d'applications de décharges électriques. À ce propos, on peut affirmer que l'illustration d'une sculpture (Fig. 5), qui explicite le modèle cérébral modulaire tel que le concevait le psychiatre Edward Chapman, est digne d'intérêt.



Fig. 5 Edward Chapman, Phrénologie et carte des passions sur un buste en marbre, Carter (1999).

En effet, le tatouage qui orne la tête du personnage représente la cartographie des passions et laisse penser, grâce à la synesthésie, que la carte a été réalisée à travers l'utilisation du toucher. D'autre part, cette sculpture confirme que la joie est bien localisée sur le front.

Au début du XXI^e siècle, modifier les comportements mentaux et soigner les maladies grâce à la manipulation du tissu cérébral est devenu une pratique courante. Michael Persinger, un chercheur canadien, a situé dans le lobe temporal du cerveau un point chaud, mystique (Fig. 6).

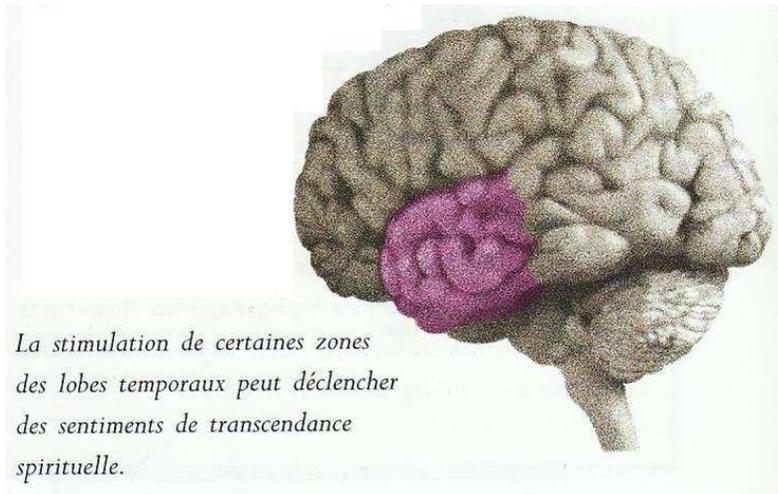
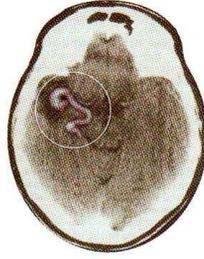


Fig. 6. Michael Persinger, Point mystique dans le Lobe temporal du cerveau, Carter (1999).

C'est au niveau de cette zone que semblent être générés les sentiments religieux, la croyance et la transcendance spirituelle. Michel Persinger essaie donc de susciter ces sentiments chez les non-croyants qu'il assimile, va savoir pourquoi, à des malades. Ici, Rita Carter rapporte un certain nombre d'entretien, publiés dans *l'Independent* et la *Psychological Review*, avec des patients qui affirment avoir vu Dieu (!).

La stimulation directe du lobe temporal (pour être clair, celui de la bonne humeur) peut déclencher par ailleurs d'intenses réactions érotiques (Fig. 7). Les vaisseaux sanguins, en se dilatant - sur l'illustration on peut en voir un, isolé et sans défense - génèrent chez le patient des orgasmes inappropriés...



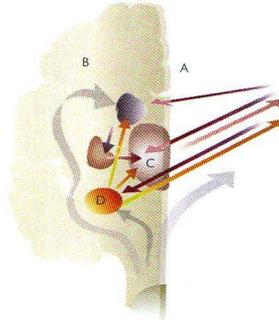
La stimulation directe du lobe temporal peut déclencher d'intenses sentiments érotiques. Le vaisseau sanguin dilaté, visible sur ce cliché cérébral, génère chez un patient des bouffées d'activité qui déclenchaient des orgasmes à des instants inappropriés. Il fallut attendre trois années pour découvrir l'origine de ces orgasmes qui se produisaient environ une fois toutes les deux semaines.

[Reading J.P. et R.G. Will, « Unwelcome Orgasms », *The Lancet*, 350, p. 1746, 13 décembre 1997.]

Fig. 7 Réactions érotiques par stimulation directe du lobe temporal, Carter (1999).

La place est aussi faite à de nombreuses passions négatives. Dans ces cas-là, l'intérêt pour la régionalisation des parties du cerveau fléchit et l'on se concentre plus précisément sur les procédés. Exemples :

- ruminer des sentiments négatifs (Fig. 8) est considéré comme l'origine d'un processus présenté comme un cercle vicieux, celui de la dépression.



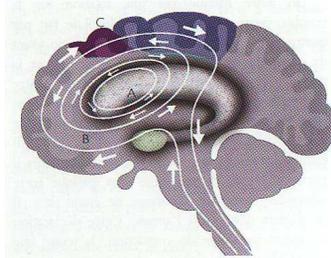
Certaines aires cérébrales des dépressifs sont hyperactives – elles semblent former un cercle vicieux enfermant le sujet dans la rumination de sentiments négatifs.

(A) Cortex cingulaire antérieur – il fixe l'attention sur des pensées tristes. (B) Lobe préfrontal latéral – il garde présents à l'esprit les souvenirs désagréables. (C) Thalamus – il stimule l'amygdale. (D) Amygdale – elle génère des émotions négatives.

Fig. 8 Le cercle vicieux des sentiments négatifs, Carter (1999).

Diversement de ce que l'on pourrait croire, il s'agit là d'un lieu riche d'activité cérébrale. Il est représenté à l'aide de flèches partant dans tous les sens et de couleurs sombres ;

- la sensation de malaise (Fig. 9), à laquelle est attribuée la forme d'une spirale où chacun des éléments cités joue un rôle ;



Ci-dessus : lorsque les personnes atteintes de troubles obsessionnels compulsifs (TOC) éprouvent un sentiment de malaise, leur cerveau déclenche un tourbillon d'activité neuronale, allant du noyau caudé (A), qui incite à « faire quelque chose », jusqu'au cortex préfrontal orbitaire (B), qui donne le sentiment que « quelque chose ne va pas », pour revenir enfin par le cortex cingulaire (C), qui fixe l'attention sur le sentiment de malaise.

Fig. 9 Le malaise, Carter (1999).

- la peur (Fig. 10), processus largement défini par l'image, située dans le système limbique comme les autres passions d'ailleurs, puisque c'est là le siège des émotions.

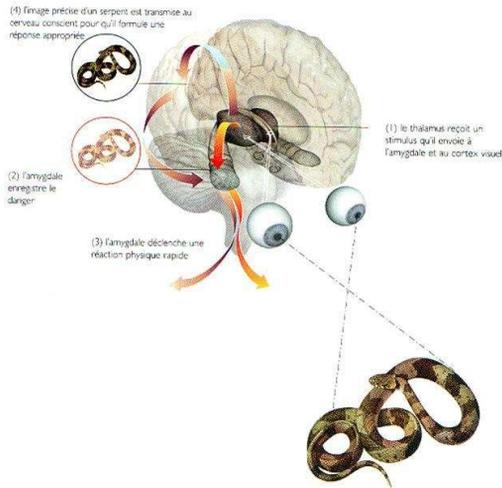


Fig. 10 La peur, Carter (1999).

Notons les pointillés qui illustrent le lien entre événement et sentiment. Cette co-action justifie le stéréotype figuratif de la peur provoquée — les yeux exorbités — tout comme la différence de taille et d'aspect entre le serpent perçu et celui qui a été mémorisé ou encore la différence chromatique entre la phase où le cerveau enregistre le danger et celle où, une fois l'image précisée, le sujet réagit de façon adéquate. En ce qui concerne le rythme et la temporalité inscrits dans les processus cérébraux, on peut citer ici une dernière trouvaille en matière de vulgarisation scientifique (*La Repubblica*, 11 février 2007, Fig. 11) : les impulsions arriveraient directement au cerveau lorsque l'on est en train de dire la vérité alors qu'au contraire, lorsqu'on ment, les impulsions emprunteraient des chemins tortueux à travers plusieurs zones du cerveau.



Fig. 11 Processus de la vérité et du mensonge. *La Repubblica*, 11 février 2007.

En somme, lorsque le feu est vert, on passe, mais lorsque le feu est rouge alors on s'arrête, « ché la diritta via era smarrita » (Dante, *Enfer*, I). Par rapport à la thèse qui soutient au contraire que le parcours reste identique quelle que soit l'intention, l'image qui est ici proposée met en évidence les termes d'une controverse.

Terminons notre parcours avec la carte de la personnalité, à laquelle Rita Carter consacre un chapitre tout entier (V, *A world of One's Own*) et qui comprend tous les stades entre l'élaboration consciente et inconsciente. Dessinée par Freud, cette carte à été colorée récemment. On le voit dans cette illustration tirée du numéro de janvier de *Le Scienze* (2007, Fig. 12).

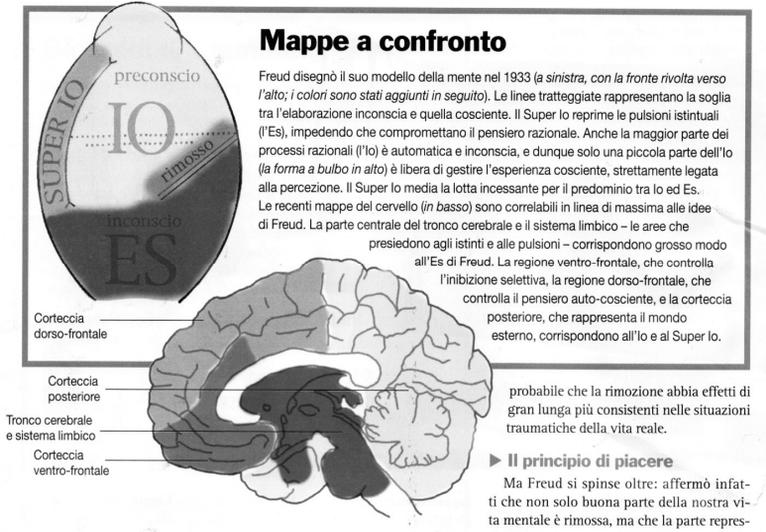


Fig. 12 Carte de la personnalité depuis Sigmund Freud. *Le Scienze*, janvier 2007.

La carte fonctionne sur une base de quatre couleurs :

Noir : **inconscient**. Système limbique

Blanc : **Moi**. Cortex postérieur

Gris clair : **Sur-Moi**. Cortex dorso-frontal

Gris foncé : **Contenu refoulé par le Sur-Moi**. Cortex ventro-frontal

Même la conscience, pourtant habilement reconduite aux circuits de l'esprit, est spatialisée. Qui plus est de façon justifiée, puisque cette spatialisée est basée sur les relations entre les différents composants. Il s'agit là d'une évolution de la thèse de Solms et Turnbull (2002 : 251-352) selon laquelle avec ce modèle on fait émerger « une psychanalyse radicalement différente, en mesure de reconquérir son rôle de science de la subjectivité humaine ».

En revenant aux problématiques du genre de l'Atlas, on peut dire que celui-ci semble destiné, que ce soit dans la distribution des passions (Carter 1999) ou bien en ce qui concerne les efforts concernant la redéfinition physiologique (Mai, Assheuer, Paxinos 2006), à devenir une partie de la mémoire de celui qui le reçoit. Dans le cas de *Mapping the Mind*, il s'agit d'un instrument de consultation pernicieux. *Atlas of the Human Brain* constitue, quant à lui, un système de notions capable à la fois de suivre l'évolution d'une maladie pour ensuite intervenir et, du point de vue de la recherche, de permettre d'avancer dans l'exploration du cerveau. Selon James Elkins (1999) les images biomédicales constituent des *dispositifs entrouverts*.

Elles contiennent en leur sein même des éléments de destabilisation et l'impossibilité d'une interprétation définitive. Elles sont en somme les acteurs d'un défi sur le plan de la communication : celui chargé de la modification du sens.

Références bibliographiques

Morana Alac et Edwin Hutchins, « I See What You are Saying : Action as Cognition in fMRI Brain Mapping Practice », *Journal of Cognition and Culture*, 4 :3, 2004, pp. 629-661.

Isaac Asimov, *Fantastic Voyage. Destination Brain*, New York, Bantam Books, 1966 (tr. fr. *Le voyage fantastique*, Albin Michel, 1972).

Françoise Bastide, *Una notte con Saturno*, Rome, Meltemi, 2001.

Korbinian Brodmann, *Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*, [Leipzig](#), [Johann Ambrosius Barth Verlag](#), 1909.

Rita Carter, *Mapping the Mind*, London, Phoenix, 1999, (tr. fr. *Atlas du cerveau*, Autrement, 2004).

Gilles Deleuze et Félix Guattari, *Qu'est-que c'est la philosophie*, 1991, Minuit.

James Elkins, *The domain of images*, Ithaca, New York, Cornell University Press, 1999.

Paolo Fabbri, « Nascita della clinica : dalla fenomenologia alla semiotica », in Marrone, Gianfranco, (dirs), *Il discorso della salute. Verso una sociosemiotica medica*, Rome, Meltemi, 2005.

Paolo Fabbri et Bruno Latour, « La rhétorique de la science. Pouvoir et devoir dans un article de science exacte », *Actes de la recherche en sciences sociales*, 13, février, 1977.

Jacques Fontanille, « Modes du sensibles et syntaxe figurative », *Nouveaux Actes Sémiotiques*, ns° 61/63, 1999.

- « Les systèmes d'imagerie scientifique. Questions sémiotiques », *E/C*, 2 mai 2007, pp. 1-23.

Michel Foucault, *Naissance de la clinique. Une archéologie du regard médical*, 1963, PUF.

Peter Galison, « Judgement against objectivity », in Jones, C.A. et Galison, P. (dirs.), *Picturing Science, Producing Art*, London, Routledge, 1998, pp. 327-59.

Groupe μ , *Trattato del segno visivo. Per una retorica dell'immagine*, Migliore, Tiziana, (dir.), Milan, Bruno Mondadori, 2007.

Bruno Latour, « Drawing things together », in Lynch M. et Woolgar, S. (dirs.), *Representation in Scientific Practice*, Cambridge (MA), MIT Press, 1990, pp. 19-68.

- « *Cogito ergo sumus ! Or psychology swept inside out by the fresh air of the upper deck. Review of Hutchins Cognition in the Wild* », Cambridge (MA), MIT Press, in *Mind, Culture, and Activity : An International Journal*, vol. 3, 1, 1996, pp. 54-63.

Jurgen Mai, Joseph Assheurer et George Paxinos, *Atlas of the Human Brain*, Amsterdam, Elsevier Academic Press, 2006.

Mark Solms « Freud Returns », *Scientific American*, May, 290(5), 2004, pp. 82-88 ; tr. it. « Il ritorno di Freud », *Mente & Cervello*, n° 10, anno 11, luglio-agosto 2004, pp. 46-54, *Le Scienze*.

Mark Solms et Oliver Turnbull, *The brain and the inner world*, 2002 ; tr. it. *Il cervello e il mondo interno. Introduzione alle neuroscienze dell'esperienza soggettiva*, Milano, Cortina, 2004.

Alfred N. Whitehead, *Process and Reality*, New-York, MacMillian, 1929.

Image, discours et scientifique *en ligne*

Eléni MITROPOULOU

Université de Franche-Comté, Besançon

Le domaine scientifique que nous convoquons ici est celui des membranes cellulaires selon l'exemple du site Internet www.johnkyrk.com intitulé « Biologie cellulaire animée ». Il s'agit d'un exemple qui mobilise des moyens de visualisation pour configurer un système de connaissances en procès, en science expérimentale, la biologie. Les images qui composent cet exemple sont censées participer de la description de l'objet du *faire scientifique* en même temps qu'elles font fonctionner le *faire scientifique*.

Pour commencer : d'une interrogation à l'autre

Précisions, d'emblée, que notre réflexion ne relèvera ni d'une sémiotique du texte visuel, ni d'une sémiotique du texte scientifique. Le propos se développera au sein d'une sémiotique des médias qui s'interroge sur les sémioses tissées par le processus de communication *en fonction* de la spécificité morphologique¹ du médium². Il s'agit de poser les questions suivantes : *Comment ?* et *En quoi ?* la diffusion *en ligne* transforme-t-elle le rapport au savoir scientifique ? À la réaction spontanée « pourquoi y aurait-il transformation ? » nous répondrions que la diffusion *en ligne* intègre le savoir dans un dispositif de médiatisation différent des autres, qui est un dispositif d'animation et d'interactivité. Quant aux images, porteuses de ce savoir et au cœur du dispositif, subissent-elles le sort d'autres typologies d'images qui sont diffusées sur le Web ou bien l'image scientifique échappe-t-elle à la croyance qui veut que, sitôt qu'une image est *en ligne*, elle vit - et par conséquent elle fait vivre à son récepteur - des expériences *cognitivement* inédites (et dans ce cas on pourrait alors parler du mode d'existence de l'image en termes de *destin multimédia* !) ? Cette croyance, *a priori* valable

¹ Ici, selon l'acception de la sémio-linguistique moderne pour la morphologie.

² Donc, comme forme (médiatique) d'une réglementation (pour la médiatisation).

pour le domaine du *faire artistique*³, serait-elle également valable pour le *faire scientifique* ? Y aurait-il une compétentialisation (et la performatisation correspondante) pour l'image (et pour celui qui est en face d'elle) puisque, sur le Web, l'image scientifique et le *faire* qui la caractérise, le *faire scientifique*, sont pris dans une espèce de tourbillon médiatique, dans du remous spatio-temporel qui sont, *médiatiquement*, différents.

En effet, aussi bien le statut que les fonctions de l'image scientifique lorsqu'elle est, généralement, sur support média ne peuvent pas être comparés au statut et aux fonctions de l'image scientifique lors de son utilisation par les scientifiques pour leurs descriptions et autres observations, même lors d'une médiatisation de type *Colloque*. A ce sujet, l'exemple convoqué par nous est un de ces cas particuliers où l'image, et plus généralement le discours scientifique de ce site Internet, font l'objet de deux formes de médiation qui garantissent un double statut à cet exemple : d'instruction auprès de futurs spécialistes et d'exposé scientifique.

En fait, l'image scientifique dans les *mass média* (ou assimilés), au-delà de son ancrage dans une intention (qui peut être de vulgarisation ou de partage entre spécialistes) se constitue, à la fois, *véhicule* et *détenteur* d'un savoir-être et d'un savoir-faire, à la fois, *moyen de médiation* et *faire scientifique* aux fonctions sémiotiques hétérogènes de celles du processus hors *mass média*. Si nous insistons sur ce point (qui est, en effet, un truisme) c'est parce que nous estimons que le *médiatique* n'est pas, suffisamment, interrogé en tant que *lieu d'agitation et de manipulation* pour les textes et qui en s'appropriant *savoir* et *image de savoir*, il s'approprie *statut* et *fonctions du savoir*.

Notre démarche cherche alors à comprendre ce que le savoir - en l'occurrence scientifique - et son véhicule - en l'occurrence l'image - *deviennent* dans ce tourbillon qui après se les avoir appropriés, il les attribue en propageant une certaine *image du scientifique*.

Notre démarche s'intéresse alors aux fonctions sémiotiques du processus de communication, processus dans lequel l'image investit une certaine forme de médiation *pour le scientifique* et où l'on pourrait se demander si le savoir scientifique est effectivement là pour lui-même.

Notre démarche s'intéresse plutôt au *devenir du scientifique* qu'au scientifique lui-même. En effet, nous ne sommes pas spécialistes en biologie (d'ailleurs, dans d'autres temps autres lieux, nous nous sommes intéressés au *devenir de l'artistique* sans être pour autant spécialiste en art⁴) et tout en

³ Mitropoulou, *Le Net Art : adaptation, transformation ou conversion des pratiques liées à l'art ?*, dans « De l'expérience multimédia », Nicole Pignier (eds), Hermès Lavoisier, 2009, pp. 77-91.

⁴ Avant d'entrer plus dans ce que se veut être le fond du propos ici, une courte halte sur la légitimité d'une démarche qui prétend pouvoir observer le *devenir* de quelque chose en ignorant l'*être* de cette chose. Ce que, selon nous, légitime l'étude d'un domaine sans être spécialiste du domaine en question (en l'occurrence le domaine de la biologie et plus précisément les membranes cellulaires), c'est la présence d'un vrai intérêt qui existe aussi depuis l'angle du non-spécialiste du domaine. Cet intérêt est

manifestant plus d'intérêt pour l'image qui opère (une image-ustensile) que pour l'image qui porte (une image-support), sans *négliger* (c'est là un euphémisme) que c'est en supportant qu'on transforme.

Nous visons, alors, une sémiotique des médias qui s'investit dans une sémiotique du processus de communication. Elle est à l'écoute, d'une part des spécificités subies et manifestées par le texte (ou le discours) grâce (ou à cause) de la morphologie du médium, d'autre part des modalités de médiatisation. Cette sémiotique pense le médiatement *porté* en fonction du médiatement *opéré* et, surtout, réciproquement.

Par conséquent, nous souhaitons poser les questions suivantes à notre exemple :

- Quel *devenir* pour le scientifique sitôt qu'il est *en ligne* ?
- Quel statut, sémiotique, pour le *scientifique mis en image* sur la scène médiatique de la diffusion *en ligne* et de la médiation multimédia plus généralement ?
- Quel statut, pour l'image scientifique *en ligne*, c'est-à-dire pour l'image et pour le savoir pris dans des dispositifs de médiatisation (notamment de visualisation) propres au processus de la communication *en ligne* ?

Nous nous approprions, alors, le paragraphe d'introduction à la problématique du colloque⁵ en postulant que « Dans le domaine du Web, les images sont considérées comme des instruments d'importance majeure qui, non seulement captent l'attention, mais qui aident aussi l'internaute à s'approprier le média en construisant des pratiques ».

Nous proposons, alors, de poser la question du statut *du* dispositif de médiatisation de *l'image scientifique en ligne* du côté du rôle attribué à l'image scientifique en fonction du dispositif pour sa visualisation qui produit (produirait ?) des croyances sur le scientifique (...beau paradoxe⁶ !), croyances liées à l'expérience numérique de l'internaute dans son pouvoir

celui qui favorise la mise en avant du domaine en question sous l'angle d'une sémiotique-objet en fonction du couple médiation/médiatisation que nous interrogeons par rapport au savoir non pas en tant que somme de connaissances spécifiques d'un domaine (là on est incompetent) mais le savoir dans sa fonction d'opérateur modal, instrument sémiotique pour les processus de communication constructeurs de savoir, ici scientifique.

⁵ « Dans le domaine de la science, les images sont considérées comme des instruments d'importance majeure qui, non seulement esquissent des résultats, mais qui aident aussi le chercheur à formuler des hypothèses de travail et à construire des théories ».

⁶ En effet, et par rapport à une interrogation que nous avons formulée précédemment, le *scientifique* ne serait pas là pour lui-même mais pour produire des croyances (notamment celle de la pratique des médias interactifs comme pratique du *faire*, en l'occurrence, *scientifique*).

d'appropriation du savoir⁷. De là, devraient surgir des indices sur le *devenir* de la connaissance scientifique sitôt qu'elle s'intègre, grâce à l'image, dans une pratique aux confins du *scientifique* et du *médiatique*. Le dispositif de médiatisation est intrinsèque à la question du savoir comme opérateur modal, responsable des transformations du savoir scientifique.

Toutefois, quel peut être l'intérêt d'une telle approche pour l'image scientifique convoquée en termes de *statut* et de *dispositifs de visualisation* par la problématique du colloque ?

Il nous semble qu'un tel angle *apporte de l'eau au moulin* de l'étude des modalités globales de la construction du scientifique. L'image *ne gagne pas* seulement à être décrite (et donc connue) parce qu'elle mobilise *instrumentalement* (et qu'elle absorbe en vue de rendre compte du *faire scientifique*) comme texte-outil sémiotiquement spécifique, puisque en même temps l'image scientifique est elle-même le processus de communication, processus qui participe du traitement et de la diffusion du scientifique. Aussi, il faudrait envisager, notamment dans cette perspective mais pas uniquement, le processus de communication en question moins comme un *contexte* possible pour l'image scientifique que comme un débrayage/embrayage pour l'image-objet.

L'exemple que nous avons choisi est donc celui du site Internet de John Kyrk, biologiste, qui propose des animations multimédia, entre autre sur les membranes cellulaires à partir d'un ouvrage réalisé sur ce sujet par un autre biologiste, Bruce Alberts. Rappelons encore une fois qu'il s'agit d'un discours destiné aux spécialistes et futurs spécialistes si on se réfère au vocabulaire utilisé (qui serait un vocabulaire non vulgarisé) et à la mise en scène du savoir scientifique qui nous semble être de type didactique à partir de processus de schématisation plutôt conventionnels. L'animation que nous vous suggérons de visualiser maintenant sur Internet⁸ est composée de 26 plans.

Pour continuer : le diaporama numérique comme *devenir* pour le *faire scientifique*

Bien entendu, interroger l'image scientifique *en ligne* ne dispense pas de (se) poser la question de l'image dans ses propriétés icono-plastiques, dans sa propriété de contenir des formes étendues dans l'espace et le rapport de ces formes avec les formes du modèle qu'elle représente. Ça ne dispense pas, non plus, de (se) poser la question de mutation du savoir scientifique lui-même. En effet, la problématique de la transformation est toujours fortement active et activée, et c'est aussi aller dans ce sens que d'interroger l'image scientifique *en ligne* comme ce qui prescrit une extension dans la problématique de la transformation : il s'agit de la question du *devenir*

⁷ Pour plus d'éléments à ce sujet : Eléni Mitropoulou « Média, multimédia et interactivité : jeux de rôles et enjeux sémiotiques » publié sur *Nouveaux Actes Sémiotiques* en ligne (<http://revues.unilim.fr/nas/document.php?id=1531>).

⁸ <http://www.johnkyrk.com/cellmembrane.html>

médiatique de l'image scientifique ; de quel processus de communication s'agit-il pour l'image scientifique ? Autrement formulé, en quoi le dispositif de visualisation de l'image scientifique l'inscrit-elle dans tel ou tel processus de médiatisation qui revendique être une progression pour le savoir ?

Du coup, l'extension dans la problématique nous conduit à repérer une intension : l'inscription de l'interactivité dans le *processus - d'acquisition - du - savoir - par - l'appropriation - du - faire - scientifique - mis - en image* renforce l'image dans son pouvoir démonstratif, ce pouvoir devenant alors potentialisé de l'extérieur, toutefois par autorisation *intérieure* (comme toujours, si on reste fidèle au principe du texte - instructeur).

Mais surtout, la tension qu'est l'interactivité augmentant le pouvoir démonstratif de l'image scientifique est une tension qui, par définition, *sémiotise* le processus de communication par transfert de valeurs entre image et récepteur via le *processus de sa médiatisation*⁹. Les valeurs en question sont inhérentes à l'univers du *faire scientifique* : savoir, érudition, cognition. Il est vrai qu'on ne se trouve pas face à l'image scientifique *par hasard* d'autant plus que, ainsi que nous le précisions précédemment, il s'agit ici d'un discours destiné aux biologistes en voie de spécialisation. Par conséquent, les valeurs évoquées sont *substantielles* au *faire scientifique*, et par conséquent (aussi) elles constituent des valeurs *de base* pour leur récepteur. Mais, nous sommes en processus de diffusion *en ligne* et par conséquent (enfin), au nom du processus de communication nous ne pouvons exclure la présence de toutes sortes de profil de récepteur. À ceci nous rappelons qu'il n'est toujours pas opératoire, sémiotiquement, de tenir compte des profils potentiels des récepteurs au-delà de la prescription par le texte-processus de profils d'observateur¹⁰ : s'engager *dans* l'image scientifique interactive c'est engager une manipulation du savoir-être scientifique en s'impliquant *dans* le savoir-faire scientifique ; cette implication se veut transformation du *rapport* au *faire scientifique*. Déclencher en cliquant, ou en survolant, des opérations visuelles c'est déclencher du *pouvoir faire* sur le savoir scientifique. Plus précisément par *cliquer*, le savoir scientifique *s'active en circulant* ; par *survoler*, le savoir scientifique *s'active en s'animant*. *Circulation / Animation* sont des catégories de la transformation du savoir scientifique de l'image *en ligne*. Elles étayent la croyance du *scientifique opéré et opérant* par du *scientifiquement porté* qui prétend devenir (prodigieusement ?) du *scientifiquement opéré*.

Qu'est-ce qui nous permet d'affirmer cela ? Cette fois, il nous faut entrer *dans* le processus au moyen de la question suivante : quelles spécificités pour l'image scientifique en mode « Diaporama numérique » ?

⁹ Que nous entendons comme le processus qui, par les modalités de son actualisation, met sous son autorité le processus de communication, la dynamique de l'échange.

¹⁰ Jacques Fontanille, *Les espaces subjectifs : introduction à une sémiotique de l'observateur*, 1989, Hachette.

Sans perdre de vue que notre objet c'est l'image scientifique (selon les orientations que nous venons de préciser) mais du fait que ce qui doit retenir notre attention c'est son *statut* dans le *dispositif de visualisation*, le moment est venu pour s'intéresser au processus utilisé qui est celui d'un diaporama numérique aux particularités suivantes :

- S'il s'agit bien, ici, d'un mode diaporama à partir du visionnage d'un ensemble d'images selon un ordre pré-établi, ce sont des images réunissant dessins et écriture et non des vues de microscope optique par exemple¹¹. Toutefois, ces images ne défilent pas automatiquement à l'écran mais se succèdent, justement, seulement après avoir *cliqué* sur les *flèches* situées en bas à gauche dans l'image (notons au passage que l'interactivité est *intégrée à l'image scientifique*). C'est alors l'action de *cliquer* qui fait défiler les images, en effet leur visualisation dépend de l'appropriation de leur *déploiement* par l'internaute lui-même et seulement par lui-même. Ce mode d'énonciation pour le diaporama que nous connaissons, plus ou moins, et qui est Powerpoint, permet de visualiser des images fixes ou animées préalablement paramétrées en fonction des performances du logiciel.

- Le diaporama, spectacle visuel selon son étymologie, est une des techniques audiovisuelles dont l'origine d'application *professionnelle* est une suite d'images fixes en même temps qu'une bande sonore. Peut-on avancer que le son apportait l'animation qui *manquait* à l'image... ? Enfin, deux autres *inconvenients d'origine* pour le diaporama : a) être unidirectionnel et b) diffusion complexe et limitée.

Dans l'exemple que nous avons choisi, de nombreuses images sont des animations sans son et même si le son n'est pas forcément utilisé dans le multimédia (malgré sa définition de base comme technique *audiovisuelle*) peut-on avancer que le passage de l'image fixe à l'image animée *compense* l'absence de son ... ?

Comme dans le diaporama d'origine, dans notre exemple on peut avancer, on peut reculer, on peut faire du sur-place ... et c'est aussi une succession d'images d'un même processus technique (dessin animé). Pourtant, le diaporama du *numérique* - très *friand* de ce mode d'énonciation - est situé dans le haut de l'échelle des pratiques *interactives* ... certes, dans notre exemple on peut activer certaines zones visuelles ce qui semble régler son compte à l'inconvénient *être unidirectionnel* ...

Cette interactivité présumée¹², associé à l'image *animée*, invite dans notre exemple à un test de commutation entre le syncrétisme *voir et entendre*

¹¹ Qui permet de grossir l'image d'un objet de petites dimensions et d'en examiner les détails invisibles à l'œil nu comme en biologie pour observer les cellules ou les tissus.

¹² Précisons que, en Internet, sélectionner par *cliquer* n'est pas considéré du même niveau de compétences que sélectionner en média télévisuel par exemple. Il est vrai que, sans *cliquer*, il n'y a pas de *déploiement* possible en Internet ; même les intrusions textuelles ponctuelles à valeur paradigmatique tel que le spam ne sont pas automatiques. Appuyer sur les touches de la télécommande est une intrusion pragmatique, cognitivement faible, et non une modification ni pour le *flux* ni pour le *déploiement* sinon en termes de mode d'existence, concernant le passage de virtuel à

(mode audiovisuel) et *voir et toucher* ou plutôt *toucher pour voir* ou encore *toucher en voyant* (mode numérique). *A priori*, à la disjonction *voir / entendre* succéderait la conjonction *voir / toucher* et même plutôt celle de *regarder / toucher* : *regarder* plutôt que *voir*, parce qu'en média interactif *voir* comme *faire-réceptif* passif (au même titre qu' *entendre*)¹³ s'il n'est pas suivi de *regarder* (ou d' *écouter*) précède la jonction introduite par *cliquer* mais sans orientation d'une trajectoire : avec *voir / toucher* on serait en *navigation errance*, dit *butinage* par les spécialistes. Dans notre exemple l'observation de l'image diaporama par *toucher pour pouvoir regarder* (donc *toucher = devoir faire*) est « assistée par un dispositif qui sélectionne ce que l'observateur désire voir »¹⁴. Le syncrétisme contractuel *toucher / regarder* d'une part *fait savoir* au récepteur que c'est le *toucher* qui *conditionne ses désirs*, d'autre part lui *fait croire* que l'interactivité est le garant de la « *bonne observation* »¹⁵.

Par ailleurs, puisque ce qui distingue l'image diaporama de l'image de série c'est le fait que les images diaporama font l'objet d'un traitement à visée *éclairante*¹⁶, dans le cas présent, cette visée porterait sur les *spécificités* des membranes cellulaires. *Multimodalité* et *interactivité* participeraient de cette visée au moyen d'animations interactives¹⁷ où le multimodal¹⁸ *renseigne* et *guide l'interactif* qui, à son tour, *potentialise les orientations du multimodal*. Cela étant dit, nous ne sommes pas convaincue de la *nature profonde* de la visée éclairante : en effet, on peut se demander s'il n'y a pas plutôt prétention dans l'ambition d'éclairer que véritable visée éclairante qu'elle le soit selon le mode explicatif, descriptif... Il est vrai que certains enchâssements intra séquence (ainsi que nous le verrons plus loin) pourraient revendiquer des propriétés démonstratives à valeur explicative. Nous évoquons cela parce qu'il serait, sans doute, intéressant de confronter un tel processus de médiatisation de l'image scientifique au prototype de la séquence explicative¹⁹ caractérisée par le principe d'enchâssement à moins que ne soit plus fructueux de regarder du côté de l'enchâssement

réel. *Sélectionner* en média en ligne (télévision) n'est pas de l'interactivité mais de la réactivité. Cette dernière ranime un texte tandis que l'interactivité l'anime :

<http://revues.unilim.fr/nas/document.php?id=1531>

¹³ De Kuyper-Poppe, *Voir et regarder*, « Les ordres de la figuration », *Communications* n°34, Seuil, 1981, p.89 – Greimas-Courtès, *DRTL*, 1979, p. 145 et p. 307.

¹⁴ Françoise Bastide, « La démonstration – Analyse de la structure actantielle du faire-croire », *Actes Sémiotiques* 4- Documents de Recherche, Groupe de recherches sémio-linguistiques de l'EHESS, Paris, 1981, p. 7.

¹⁵ *Idem*.

¹⁶ Nous rappelons que, afin de comparer ce qui est comparable, nous convoquons ici le diaporama audiovisuel et le diaporama numérique en tant que techniques *professionnelles*. Ceci étant donné la *nature* de notre exemple Internet (qui n'est donc pas une des productions de type Web 2.0. qui prolifèrent, actuellement, sur le réseau).

¹⁷ Tels les plans n° 2 ou n° 3 mais notamment n°5 et n°7.

¹⁸ Image statique / dynamique + texte écrit statique / dynamique.

¹⁹ Jean-Michel Adam, *Les textes : types et prototypes*, Paris, Nathan Université, 1997.

prototypique de la séquence dialogale... Mais ce travail ne se fera pas dans ces pages !

En revanche, ce que nous allons faire *ici et maintenant* c'est convoquer le diaporama comme *art de la transition*²⁰ en fonction du savoir *scientifique*.

Dans un travail sur les « Illusions perdues », Jacques Fontanille interpelle la temporalité : « [...] comment les régimes temporels constituent et manifestent les systèmes de valeurs, comment ils déterminent les évaluations axiologiques, et en quoi ils constituent des formes de vie cohérentes »²¹. Dans la forme de vie du savoir scientifique de l'image *en ligne* nous sommes aussi en présence d'un « *emploi du temps* » pour le scientifique mis en image et qui, en organisant les valeurs scientifiques, organise son appropriation (l'appropriation du scientifique) comme valeur. Selon nous, c'est la jonction image / média qui détermine la valeur de l'appropriation.

Quant à Alessandro Zinna, dans sa réflexion concernant la linéarité du *devenir* il conclut en disant que :

[...] tant dans le devenir des profondeurs que dans celui des surfaces on retrouve la stratification et la complexité mais aussi la simultanéité (synchronie) de l'événement stratifié. Il y aurait deux modèles conceptuels : la simplicité, la linéarité et la succession du "venir", face à la complexité, la stratification et la simultanéité de l'événement et des formes du "devenir"²².

Si nous tentons maintenant de rendre *visible* et *lisible* la structure du *devenir* dans ces images d'accueil pour le *scientifique* nous pouvons obtenir une configuration sous forme de tableau commenté (cf. nos dernières pages) intitulé « Image scientifique / Diaporama numérique - Système/Procès du DEVENIR ».

La structure du *devenir* est caractérisée par des *injections temporelles* qui participent de l'évolution du savoir par strates de complexité, certes, mais qui surtout contribuent à ces évolutions en attribuant des valeurs d'appropriation.

L'injection temporelle n'est pas convoquée par nous en tant que technique²³. Ici, il est surtout question de l'effet sémiotique de l'injection temporelle sur le savoir scientifique : il s'agit bien de comprendre quels

²⁰ Roland Pellarin, *Micro-guide de l'audiovisuel : film, diaporama, vidéo, multimédia*, éditions du Tricorne, Genève, 1993.

²¹ Jacques Fontanille, « Variations sur l'instant et le moment – L' « emploi du temps » dans *Les illusions perdues* de Balzac », *Régimes sémiotiques de la temporalité*, sous la direction de Denis Bertrand et Jacques Fontanille, P.U.F., 2006, p. 374.

²² Alessandro Zinna, « Linéarité et devenir », *NAS*, « Le Devenir », Pulim, Limoges, 1995, p. 264.

²³ Jean-Marie Klinkenberg l'aborde dans le cadre des images fixes : injection par encyclopédie, par indices, par index, par les sémiotiques extérieures ainsi que leurs interférences (*Précis de sémiotique générale*, Bruxelles, De Boeck, 1996, pp. 315-322).

moyens et quels effets (dont le temps) investissent le *scientifique* pour *devenir*, grâce à l'image, *valeur d'appropriation* pour le récepteur.

Dans ce tableau les 7 paramètres suivants ont été retenus :

- le nombre croissant des plans constitutifs du diaporama, du plan n°1 au plan n°26
- la *flèche*, figure principale du *devenir*
- l'animation multimédia en fonction de ces deux manifestations : d'une part, *Animation non interactive automatique* c'est-à-dire impulsée par le clic de déploiement « *flèche* » mais n'exigeant pas d'engagement pour la réalisation de l'animation elle-même – d'autre part, *Animation interactive « survol »* par *Interactivité-degré-0*, soit simple survol de la souris sur les formes, préalablement, animées
- les connaissances spécifiques explicitement signalées par du scriptural, constitutives du savoir « membranes cellulaires »
- le texte écrit uniquement lorsqu'il participe des effets visuels
- les injections temporelles, considérées par nous comme du *dopage* pour le visuel et enfin (ce qui ne veut pas dire que c'est fini !)
- l'espace écranique de l'image scientifique du point de vue de sa *densité*.

Commentons, sans tarder, notre tableau en précisant que, pour aider notre lecteur, nous y avons introduit quelques explications supplémentaires ou reporté un certain nombre de ces mêmes commentaires dans le tableau lui-même, sous forme de notes de bas de page.

La *flèche*, signe des modes d'existence du savoir scientifique *devenir* dès le plan n°3 le *maître du temps* de l'expérience avec le savoir scientifique. Le processus de communication médiatique en inscrivant la temporalité dans l'image scientifique, d'une part avec l'interactivité (*flèche*), d'autre part avec les animations multimédia (utilisation du logiciel *Flash* probablement) *dirige* l'image scientifique vers l'assomption de plusieurs tensions pour le savoir scientifique :

- *L'advenir du savoir*. Il surgit dans les plans n°2 et n°3 par :
1-débrayage sur « *flèche* » / 2-animation / 3-embayage du savoir.
- Dès le plan n°3 : *Devenir* (D) fonctionne en tandem avec *Redevenir* (rD) qui permet de revenir à l'état précédent du savoir soit à l'image précédente
- Dès le plan n°4 : un espace plus large entre les deux flèches (« ____ ») annonce des modifications à *venir* dans le rapport espace / temps. Cet espace plus large signale l'existence de deux *redevvenir*, un *redevvenir* du recommencement (état 0 « + x ») et un *redevvenir* du commencement (état « 0 ») de type *retour à la case Départ* (et non pas un retour à l'état précédent du *Devenir*). En l'occurrence, comme il s'agit du premier *redevvenir* de type

retour à la case Départ il est, fatalement, le *Devenir* « état 0 » : il (ne) permet (que) le retour à l'état initial du savoir, soit à l'image / plan n°1.

- Dès le plan n°4 le savoir *survient* : les modulations dans les hiérarchies d'animation du plan n°4 et jusqu'au plan n°9 favorisent des pics d'intension du savoir²⁴. Ces hiérarchies sont de niveau AA (*Animation automatique standard du matériau visuel / clignotements - intermittence lumineuse*), de niveau AA- (*Animation automatique réduite de niveau inférieur à AA*) et de niveau AA+ (*Animation augmentée en déplacement des formes et effets visuels d'inversion de contrastes redistribuant les priorités premier plan / arrière plan* ; parfois, une forme disparaît comme dans le plan n°5).

- Mise en place d'un processus de *suspension temporelle* : le passage par *cliquer* de l'image n°4 à l'image n°5 déclenche la disparition de l'écran de la flèche D ; sa fonction est suspendue le temps de l'animation ; le redevenir à l'état savoir-être 1 (rD-0) est toujours actif. Quant aux animations permanentes (de type AS) elles sont suspendues (: ne clignent plus) pendant le temps d'actualisation de l'animation permanente. Ceci est le cas partout ailleurs (plans n°7, n°23, n°26 avec une particularité dans le plan n°26 que nous signalerons en temps voulu). Il est à souligner que la flèche retour du plan n°6 ramène au plan n°4 de la séquence « Phospholipide » donc ni au plan n°5 (qui précède logiquement le n°6) ni au plan n°3 (qui est pourtant le premier plan de la séquence « Phospholipide ») : le besoin de *revenir sur ses pas* est évalué comme nécessitant la répétition d'une séquence pour l'animation hiérarchisée (qui est celle de AA / AA+ / AA-) ainsi que la réactivation de la suspension pour les flèches. Aussi, la spécificité du plan n°4 de constituer une *entrée* pour une tension sémiotique opérant sur le savoir et son déploiement se fait en fonction d'une modulation temporelle où le temps suspend l'interactivité liée à l'extension des images par introduction d'intension pour l'animation (tout en maintenant la possibilité de relâcher la tension puisque seul le retour *case de départ* est possible).

- Le passage par *cliquer* de l'image n°6 à l'image n°7 déclenche, cette fois, la disparition de l'écran de la flèche *Devenir* et de la flèche redevenir à l'état du savoir précédent (rD/0+x) ; leurs fonctions sont donc suspendues le temps de l'animation ; le redevenir à l'état savoir-être 1 (rD-0) est toujours actif. En revanche, dans le plan n°7 le redevenir à l'état précédent concerne bien l'image précédente : de nouveau, le besoin de *revenir sur ses pas* est évalué comme nécessitant la répétition d'une séquence pour l'animation hiérarchisée (qui est ici celle de AA- / AA+, c'est-à-dire d'une animation automatique réduite vers une animation avec surplus) et l'importance de la réactivation de la suspension pour les flèches. Aussi, le plan n°7 fait l'objet du même traitement que le plan n°4 en termes de modulation espace / temps.

Afin de conclure sur le phénomène du *Redevenir* : le retour sur le *devenir* concerne soit la séquence précédente soit le plan précédent, ce retour régulant la coordination des animations (réduite / standard / augmentée) par

²⁴ Soit : AA / AAA / AAR / AAA / AAR / AAA / AAR / AAA / AA / AA.

principe croissant de *réduite* à *augmentée*. Signalons toutefois que, si ce processus de mise à disposition du savoir notamment des plans n°4, n°6 et n°8 appuient, également, la mise en scène *didactique* du savoir par des séquences *bloquées* et *bloquant* le déploiement, cette mise en scène didactique ne gère pas mais *est gérée* par la mise en scène visuelle des animations et de la participativité en fonction du savoir déployé en *boucle synchrétique* dans l'image.

Afin de conclure sur le phénomène de *suspensions* : 4 suspensions de temps se succèdent selon les mêmes modalités (syncopes : plans n°4-5, n°6-7, n°8-9 et n°10-11). Il n'y a plus de suspension après le plan n°15 et jusqu'au plan final, le plan n°26. En effet, c'est à partir du plan n°14 que le savoir *parvient* : il atteint, au moyen de ses extensions, un mouvement de propagation dans l'espace (6 plans sur 8 sont en très forte *densité*). Le plan n°14 est un moment important de la rencontre entre phénomène du Redevenir et phénomène de suspensions par syncope : ici le *redevenir* à l'*état précédent* concerne la séquence précédente mais c'est *plus* que du revenir sur le parcours d'une animation réduite vers une animation augmentée. En fait, le retour par reDevenir de type *étape* (« 0+x ») sur le plan n°10 révèle l'importance de la séquence « Cholestérol », importance assumée par la priorité du texte écrit sur l'image (cf. les plans n°12 et n°13 très faibles en animation), texte chargé de la promotion des connaissances *spécifiques* : il s'agit de symboles chimiques. Toutefois ce qui est ici intéressant à observer c'est cette relation de *relais* entre visuel et scriptural dont les énergies sont en *corrélation inverse* puisque l'augmentation de l'un s'accompagne de la diminution de l'autre et réciproquement. Quant à la suspension temporelle du plan n°14, il est important de signaler qu'il s'agit de la *seule* animation de type AAA (la plus lente en durée et centrée sur un seul mouvement qui est un mouvement de renforcement de l'énergie *texte*). Aussi, il s'agit de la *seule* séquence d'animation de type AAA sans suppression automatique des flèches mais pour laquelle, au contraire, l'*absence* de suppression déclenche la *présence* d'interactivité : le récepteur, privé de cette fonction pendant les animations précédentes, l'apparition soudaine de cette fonction incite d'autant plus son exploitation. Aussi, *cliquer* avant la fin de l'animation *fait rajouter* du texte écrit (plan n°15) au texte du plan précédent pendant que l'animation se déploie. À partir du plan n°15 et jusqu'à la fin du diaporama, les animations de type transition (: avec suspension de temps) arrêtent.

Reprenons nos commentaires au fil du tableau :

- Les plans n°17 et n°18 sont caractérisés par la mise en place d'une *corrélation inverse* entre scriptural et visuel. Ici (en fonction de paramètres différents : l'animation pour le plan n°17 et le *redevenir* pour le plan n°18), à la diminution d'animation visuelle correspond une augmentation pour le scriptural et inversement. En revanche, dans le plan n°19 qui est celui d'une très forte multimodalité, associée à l'introduction d'une animation permanente, et qui par ailleurs suspend également les *animations par survol* dans leur propriété de permanence dynamique (: elle ne clignotent plus afin

que l'attention soit réservée à la nouvelle animation) *scriptural* et *visuel* sont en *corrélation directe* : augmentation.

- Les plans n°23 et suivants sont ceux du savoir-être 2 constitué par l'enchaînement des plans *d'animation automatique standard* très lente du matériau visuel :

- par déplacement de masses visuelles,
- par surimpression de formes visuelles,
- par surimpression *et* par déplacement de formes visuelles.

Dans ces tensions du *devenir* où le savoir *advient / survient / parvient*, d'une part les effets visuels pour le texte écrit, d'autre part la *densité* de l'espace écranique participent également de la détermination de la valeur attribuée à l'appropriation par le processus de médiatisation du savoir scientifique puisqu'ils sont des instruments du dispositif de visualisation. Aussi,

Texte écrit : les plans n°9, n°13, n°15 et n°16 sont caractérisés par l'alternance de fonctions ancrage/relais pour les effets de ponctuation visuelle du texte écrit,

- plan n°9 : la fin de l'animation par déplacement/contraste est ponctuée par l'adjonction de texte écrit. Cette intrusion de texte comme matériau visuel distribue deux temps à l'animation, un temps qui est celui de l'exécution visuelle du texte écrit par l'animation elle-même et un temps qui est celui de l'action à rebours : le texte écrit prolonge en renseignant le mouvement visuel de l'animation en exécutant sa description

- plan n°13 : en réponse à l'absence d'énergie sémiotique par animation du plan n°12, le plan n°13 introduit un texte écrit de taille conséquente ; ici, le dispositif de visualisation enlève de l'énergie du visuel pour en donner au scriptural

- plan n°15 : l'animation du plan n°14 est au service du texte écrit du plan n°15 (et même du plan n°16). Ici, le dispositif de visualisation met l'énergie de l'image au service du texte qu'elle ancre. Le visuel se met alors à disposition du scriptural, l'image-texte délèguerait au code texte *le pouvoir sur le Savoir* même quand il ne s'agit plus de symboles chimiques. Il se confirmerait alors leur rapport de *corrélation inverse* : la diminution du visuel comme tension sémiotique pour l'image implique l'augmentation de la tension du scriptural pour l'image

- plan n°16 : le texte écrit augmente en énergie sémiotique. Par glissement des masses visuelles, il y a remplacement et suppression de pavés textuels. Ici, c'est le rapport de *corrélation directe* inhérente au texte qui se fait remarquer : plus le texte devient une valeur d'usage pour le savoir plus le texte bénéficie d'effets visuels personnalisés qui, de plus, et c'est là la spécificité de ce plan, introduisent une forme de dimension temporelle pour l'interactivité : pause par *clic* appuyé et dont l'instruction fait partie intégrante de l'image (comme la *flèche*).

Et pour conclure : quelle parure pour le scientifique en ligne ?

Il semble que le scientifique *devient apprivoisé* grâce à l'image dans le rôle du *dompteur* (du *scientifique*), et du récepteur dans le rôle de *dompteur* (de l'image) qui, par procuration, *devient dompteur* du scientifique. Mais, est-ce bien l'image *scientifique* qui est domptée ou est-ce l'image *animée* qui est domptée ? Certes cela dépend (pour une large part) du profil d'observateur par rapport au domaine du savoir convoqué. En fait pour nous, il importe moins de vérifier si le savoir est effectivement dompté et à quel niveau, que de notifier (suite à nos commentaires) l'effet suivant : *image-dompteur* et *dompteur d'image* font de l'image et de son récepteur-animateur ceux qui *réduisent à l'obéissance*, ceux qui *soumettent à leur autorité* le processus de communication avec la bénédiction du processus *promoteur* d'un *vouloir-laisser-faire*. Soulignons plus particulièrement que :

- Les *corrélations* révèlent bien le rôle joué par l'image dans toute sa multimodalité. C'est notamment le cas des *corrélations inverses*. Si elles participent, sans doute, de l'objectif *didactique* lors des mises en scène *visuel / scriptural*, elles participent tout autant (sans doute sous *l'alibi* du didactique) de la mise en scène du *pouvoir en cours de distribution* par l'image en fonction d'une *complicité* extérieure. Il s'agirait là d'une métaphore, celle de la configuration de type *syndicat/patron/salarié* : l'image-syndicat est la déléguée du processus-patron qui lui prescrit la suspension d'animations pendant l'introduction de texte écrit et qui (toujours via son délégué-image) *fait croire* au récepteur-salarié qu'il est le détenteur d'un pouvoir sur la prescription *faire savoir (flèche)* ! Or, il ne l'est qu'en tant que *médiateur* de la prescription à savoir déterminé par sa fonction de constituer un *relais* entre pouvoirs (pouvoir à *l'horizontale*)²⁵.

- Les *corrélations directes* qui concernent les valeurs *visuel / scriptural* (tel le plan n°19) favorisent (lorsqu'elles sont en augmentation) des *pics* pour le *savoir-faire*. En revanche, lorsqu'elles sont en diminution (tel le plan n°20) elles favorisent des *pics* pour le *savoir-être*. Si les animations visuelles sont, évidemment, au service de la transformation du savoir scientifique elles sont plus que le simple véhicule pour ces transformations. En fait, elles sont dans le processus de communication, ce qui rend possible, avec la complicité extérieure, les transformations du *savoir-être* ; elles sont du niveau d'un *savoir opérateur modal*. Elles opèrent un *surclassement* cognitif : une animation *active, cultivée et réanime, réactive* le *scientifique* comme s'il avait *perdu la vie* par syncope fatale et, pourtant, d'un seul coup il re-vit ! Toutefois une animation ne peut pas être une énergie *originelle* pour le scientifique (ne *peut pas* ou ne *veut pas* ? ce qui renvoie la balle dans le camp des intentions du technologique). Si l'animation participe des conversions du savoir elle ne veut pas s'engager autrement qu'un *relais* au sens des sciences et techniques du terme c'est-à-dire d'un dispositif permettant à une énergie relativement faible de déclencher une énergie plus

²⁵ Michèle Guillaume-Hofgung, *La médiation*, Paris, Puf, 2005, p. 79 et suivantes.

forte (ne *veut* pas ou ne *peut* pas ? ce qui renvoie de la balle dans le camp des prétentions du technologique).

- Quant aux *corrélations directes* qui concernent la valeur visuelle du texte écrit, elles font la promotion du texte écrit comme moyen d'atteindre le scientifique (valeur d'usage du texte écrit). En même temps, il y aurait là une autre promotion par *corrélation* mais *inverse* cette fois : plus le texte augmente en médiateur de savoir scientifique plus il augmente en valeur d'animation, l'inverse n'étant pas vrai puisque plus le texte augmente en valeur d'animation moins le scientifique augmente. Aussi, ce que la valeur visuelle du texte écrit fait augmenter ce serait la *valeur de l'animation visuelle* c'est-à-dire l'image scientifique dans sa *parure multimodale*.

Les plans n°23 à n°26 sont ceux de l'embrayage du dispositif de visualisation pratiqué et du débrayage pour un nouveau *savoir-être* au sujet des membranes cellulaires qui se réalise à partir d'un dispositif de visualisation qui n'est plus démonstratif mais illustratif du *parvenir* du savoir vers un *devenir* pour le scientifique. Caractérisés par l'absence de toute animation interactive (hors les *flèches* qui invitent à un compte à rebours) ces plans constituent un embrayage de la relation *solidaire* : « si image scientifique-Web (c'est-à-dire, si scientifique *porté* par scientifique *mû*) alors scientifique *opéré* = *pratiqué* ». La *flèche* est donc moins la figure qui signifie le temps que la figure qui signifie la présence d'une sphère primo-empirique, celle d'un champ où germe la maîtrise du savoir parce qu'on le *tient entre ces mains*. D'où vient cet embryon de *pouvoir* sur le *savoir* ? Il résulterait de la *maîtrise* du *processus* de communication dans le *déploiement* du savoir. D'où vient ce pouvoir sur les transformations du savoir ? Il résulterait du *contrôle* de la temporalité. La pratique médiatique appliquée à l'image scientifique, indissociable du *devenir* du savoir, participe de l'attribution d'un statut à l'image scientifique. C'est le statut de *scientificité* : si on entend par *scientificité* caractère de ce qui est scientifique, l'image scientifique *en ligne*, telle que la révèle le processus de communication manifesté dans notre exemple, est scientifique non seulement par les valeurs *scientifiques* que, probablement, produit mais aussi, et surtout, par les valeurs *médiatiques* qu'elle met en scène qui sont des valeurs modales appliquées au scientifique par le médiatique.

Par conséquent, si vue et ouïe sont les sens prédominants (pour l'homme) suivis par l'odorat, le toucher et le goût, le *scientifique par le toucher* gagne en hiérarchie pendant que la vue se trouve potentialisée par l'image animée. Le syncrétisme *vue / toucher* investit l'image scientifique en diaporama pour devenir, grâce à l'interactivité comme grandeur, le syncrétisme *vue / toucher / faire scientifique* convoquant aussitôt la question de la mémorisation du savoir en vue de son appropriation. Avec le glissement *voir / entendre* vers *regarder / toucher*, *l'écart* entre le haut degré d'abstraction (propre aux symboles notamment visuels) et le degré plus bas

(celui de l'expérience vécue)²⁶ se réduit. En effet, le *faire scientifique* se trouve rapproché de l'expérience par le tactile, ce rapprochement étant censé favoriser la mémorisation à long terme. L'introduction du récepteur par le tactile dans le *savoir scientifique* entraîne la dynamisation du savoir opérateur modal et permet à la croyance d'opérer en fonction du principe que nous avons désigné par « *dimension de conversion* » qui installe un récepteur « *quêteur de faire* »²⁷). Le surplus de dimension cognitive porté par le savoir en animation vise l'euphorisation du récepteur-quêteur par impression de *compétentialisation*. Toutefois, *impression* n'implique pas *absence* de compétentialisation effective (pour affirmer cela il faudrait mener d'autres expériences de type enquête de réception). *Impression* implique qu'il y a *présence d'intention* de compétentialisation mais pas nécessairement *présence* de compétentialisation. Pour cela, même une enquête de réception serait inutile puisque les modalités interactives déployées dans notre exemple - mais également dans la plupart des exemples que nous pouvons rencontrer *en ligne* - sont des modalités qui ne permettent d'intervenir que dans la syntagmatique du savoir pas dans sa syntaxe. L'ossature médiatique de la diffusion *en ligne*, celle d'une structure à morphologie interactive, est aussi celle qui devrait permettre l'échange au-delà de la valeur primaire qui revient à *cliquer* pour faire circuler, ou à *survoler* pour faire animer comme c'est le cas ici. Postuler que ni l'énoncé scientifique visuel ni son énonciation ne sont transformables implique que, dans notre exemple, la navigation - c'est-à-dire le mode d'énonciation spécifique pour le processus de communication *en ligne* - permet l'exécution des fonctions interactives propres à l'image scientifique en faisant intervenir les compétences présumées du récepteur - sans doute à la fois scientifiques et médiatiques - mais sans mise à l'épreuve de ses performances cognitives. Cette mise en épreuve n'est possible qu'en cas de délégation partagée de *savoir-faire scientifique* entre l'image et le récepteur. En fait, le processus de visualisation de l'image scientifique déploie uniquement du *savoir-être*. Le *déploiement* du savoir scientifique par syncrétisme *regarder / toucher* ne concerne pas le partage de *faire scientifique* puisque celui-ci ne revient qu'à l'image seule (elle en est le détenteur), l'internaute n'étant que son dompteur.... animateur : c'est, notamment, le cas des séquences composées des plans n° 14 à n° 16 ou n° 20 à n° 22.

Aussi, la dimension démonstrative de l'image du diaporama numérique n'intègre pas d'*objectif* démonstratif mais une dimension de *revendication* démonstrative : il ne faudrait pas confondre une interactivité

²⁶ Selon Edgar Dale et son cône qui visualise les degrés d'abstraction des messages perçus en fonction de la facilité de mémorisation à long terme, Pellarin, 1993, p. 6.

²⁷ Caractéristiques de l'expérience médiatique du *on line* et de ses transformations par rapport aux trois dimensions sémiotiques du savoir, Mitropoulou, *Lecteur et lecture : une nouvelle dimension sémiotique pour le savoir ?*
<http://semiologie.net/page.php?page=33>

qui transforme le syncrétisme multimodal avec l'interactivité qui ranime la multimodalité.

Mais, il manquerait dans notre exemple un autre ingrédient de base du diaporama d'origine, le fondu enchaîné. Bien sur le fait que, normalement, un diaporama défile, le fondu enchaîné lui garantit des effets sémiotiques de transition (esthétiques ou autres) par l'introduction d'une image intermédiaire. En fait, cette fonction est, ici, occupée par l'action de *cliquer* sur la *flèche* : le récepteur, dès son seuil minimal d'observateur, devient le troisième élément constitutif du processus de visualisation au titre de détenteur du savoir, mais, l'est-il effectivement ?

Il s'avère alors que, dans notre exemple, trois critères du diaporama d'origine sont supprimés et/ou détournés :

- pas de sonore mais traitement intensif du code visuel (image animée)
- pas de défilement automatique : on a privilégié le déploiement au flux
- pas de fondu enchaîné en tant que troisième image de transition mais cut interactif par opération de cliquer.

Nous serions là face à un beau spécimen de diaporama numérique en termes d'*attribution* et d'*appropriation* du *faire scientifique* comme objet de valeur, *acquisition* qui se construit en fonction du traitement du savoir scientifique par le couple *multimodalité / interactivité* comme *opérateur modal*.

Image scientifique / Diaporama numérique – Système/Procès du DEVENIR
<http://www.johnkyrk.com/cellmembrane.html>

N° de plan	Figures numériques pour le DEVENIR	ANIMATIONS du savoir scientifique		CONNAISSANCES scientifiques	Texte écrit Effets visuels	Injection Temporelle Effets sur le Savoir	ESPACE Densité ¹
		Animation non interactive « Automatique » ²	Animation interactive « Survol » ³				
1	» (D)	AAR ⁴	-	La membrane		Savoir- être ¹	Faible
2	» (D)	AA ⁵	AS	Queue hydrocarbonée		Le savoir <i>Advient</i> ⁶	Très Forte
3	«-» (rD) ⁷ (D)	AA	-	Phospholipide			Forte

¹ Les critères pour déterminer la densité de l'espace (taux d'occupation du plan originel) sont établis à partir du rapport de proportion entre le cadre intra-écranique, le scriptural et le graphique

² C'est-à-dire impulsée par le clic de déploiement mais n'exigeant pas d'engagement par la suite.

³ Soit « Interactivité degré 0 ».

⁴ Animation automatique réduite puisque de niveau inférieur à AA.

⁵ Animation automatique standard du matériau visuel (clignotements) .

⁶ Le savoir « advient » : il surgit dans les plans n°2-n°3 par débrayage sur « flèche » - animation – embrayage savoir.

⁷ Permet de revenir à l'état précédent du savoir, soit à l'image précédente ; cette fonction n'est possible qu'à partir du plan n°3.

4	« <u> </u> » ⁸ (rD) (D) (D“0”) ⁹ « <u>----</u> » ¹⁰	AA	AS	<i>Phospholipide</i>			Très Forte
5	« <u> </u> « <u> </u> - » (0) (0+4) (D)	AAA ¹²	AS- ¹³	<i>Phospholipide</i>		Le savoir <i>Survient...</i> ¹¹	Très Forte

⁸ Un espace plus large entre les deux flèches annonce des modifications « à venir » dans le rapport espace/temps : signale l’existence de deux « redevenir », un reDevenir-recommencement (état 0 « + x ») et un reDevenir-commencement (état « 0 ») de type « retour à la case de départ ».

⁹ Comme il s’agit du premier redevenir de type « retour à la case de départ », il est fatalement le Devenir « état 0 » (il (ne) permet (que) le retour à l’état initial du savoir, soit à l’image n°1).

¹⁰ Le passage par « cliquer » de l’image n°4 à l’image n°5 déclenche la disparition de l’écran de la flèche D ; sa fonction est suspendue le temps de l’animation ; rD-0 toujours actif.

¹¹ Le savoir « survient » : les modulations dans la hiérarchie des animations (plans n°4 à plan n°8 : AA/AAA/AAR/AAA/AAR/AAA/AAR/AAA/AA/AA) favorisent des pics d’intension du savoir.

¹² Animation automatique augmentée avec surplus en déplacement des formes et effets visuels d’inversion de contrastes redistribuant les priorités premier plan / arrière plan ; ici, de plus, une forme « disparaît ».

¹³ Les animations permanentes sont suspendues (ne clignotent plus) pendant le temps d’actualisation de l’animation permanente mais la fonction « survol » est activée.

Image, discours et scientifique en ligne

6	« « - » (0) (0+4) ¹⁴ (D) « « - » ¹⁵	AAR ¹⁶	AS	Sphingolipide		... Le savoir <i>Survient...</i>	Très Forte
7	« « - » (0) (0+6) ¹⁷ (D)	AAA	AS- ¹⁸	<i>Sphingolipide</i>			Très Forte

¹⁴ Il est à souligner que la flèche retour du plan n°6 ramène au plan n°4 de la séquence « phospholipide » donc ni au plan n°5 qui précède logiquement le n°6 ni au plan n°3 qui est pourtant le premier plan de la séquence « phospholipide » : le besoin de « revenir sur ses pas » est évalué comme nécessitant : 1. la répétition d'une séquence de l'animation hiérarchisée AA / AAA /AAR, et 2. la réactivation de la suspension pour les flèches.

¹⁵ Cette fois, le passage par « cliquer » du plan n°6 au plan n°7 déclenche la disparition de l'écran de la flèche D *et* de la flèche rD/0+x ; leurs fonctions sont donc suspendues le temps de l'animation ; rD-0 toujours actif.

¹⁶ Animation automatique réduite.

¹⁷ Ici le redevenir à l'état précédent concerne bien l'image précédente : de nouveau, le besoin de revenir sur ses pas est évalué comme nécessitant : 1. la répétition d'une séquence pour l'animation hiérarchisée qui est ici celle de AAR/AAA, (d'une animation automatique « réduite » vers une animation « avec surplus ») et 2. l'importance de la réactivation de la suspension pour les flèches.

¹⁸ Les animations permanentes sont suspendues (ne clignent plus) pendant le temps d'actualisation de l'animation permanente mais le survol est activé.

8	« « - » (0) (0+6) ¹⁹ (D) « « - » ²⁰	AAR ²¹	AS	Glycolipide			Moyenne
9	« « - » (0) (0+8) ²² (D)	AAA	AS- ²³	<i>Glycolipide</i>	Effet Visuel «Ancrage» ²⁴	... Le savoir <i>Survient...</i>	Moyenne
10	« « - » (0) (0+8) ²⁵ (D) « « - » ²⁶	AAR	AS	Cholesterol			Forte

¹⁹ Ici le redevenir à l'état précédent concerne de nouveau la « séquence » précédente et non plus l'image précédente : de nouveau, le besoin de « revenir sur ses pas » est évalué comme nécessitant 1. la répétition d'une séquence pour l'animation hiérarchisée (AAR/AAA) et 2. l'importance de la réactivation de la suspension pour les flèches.

²⁰ De nouveau, le passage par « cliquer » du plan n°8 au plan n°9 déclenche la disparition de l'écran des flèches rD/0+x et D ; leurs fonctions sont donc suspendues le temps de l'animation ; rD-0 toujours actif.

²¹ Animation automatique réduite.

²² Ici le redevenir à l'état précédent concerne l'image précédente à savoir le parcours d'une animation réduite vers une animation augmentée.

²³ Les animations permanentes sont suspendues (ne clignent plus) pendant le temps d'actualisation de l'animation permanente mais le survol est activé.

²⁴ Effet de ponctuation visuelle : la fin de l'animation par déplacement / contraste est ponctuée par l'adjonction de texte écrit.

²⁵ Ici le redevenir à l'état précédent concerne la séquence précédente à savoir le parcours d'une animation réduite vers une animation augmentée .

²⁶ De nouveau, le passage par « cliquer » de l'image 6 à l'image 7 déclenche la disparition de l'écran des flèches rD/0+x et D ; leurs fonctions sont donc suspendues le temps de l'animation ; rD-0 toujours actif.

Image, discours et scientifique en ligne

11	« « - » (0) (0+10) ²⁷ (D)	AAA	AS- ²⁸	<i>Cholesterol</i>			Moyenne
12	« « - » (0) (0+10) ²⁹ (D)	AA	AS	<i>(cholesterol)</i>			Moyenne
13	« « - » (0) (0+10) ³⁰ (D)	AA	AS	<i>(cholesterol)</i>	Effet Visuel «Relais» ³¹		Très Forte

²⁷ Ici le redevenir à l'état précédent concerne l'image précédente à savoir le parcours d'une animation réduite vers une animation augmentée.

²⁸ Les animations permanentes sont suspendues (ne clignotent plus) pendant le temps d'actualisation de l'animation permanente mais le survol est activé.

²⁹ Ici le redevenir à l'état précédent concerne la séquence précédente à savoir le parcours d'une animation réduite vers une animation augmentée.

³⁰ Ici le redevenir à l'état précédent concerne la séquence précédente à savoir le parcours d'une animation réduite vers une animation augmentée.

³¹ Effet de ponctuation visuelle : en réponse à l'absence d'énergie sémiotique par animation du plan n°12, le plan n°13 introduit un texte écrit de taille conséquente ; ici le dispositif de visualisation enlève de l'énergie de l'image pour en donner au texte.

14	« « - » (0) (0+10) ³² (D) <u>« « - »</u> ³³	AAA	AS	Protéines		Le savoir parvient... ³⁴	Forte
15	« « - » (0) (0+10) (D)	AAA	AS	<i>Protéines</i>	Effet Visuel «Ancrage» ³⁵		Très Forte
16	« « - » (0) (0+15) (D)	AAA	AS	<i>Protéines</i>	Effet Visuel «Relais» ³⁶		Très Forte

³² Ici le redevenir à l'état précédent concerne la séquence précédente mais c'est plus que du « revenir sur le parcours d'une animation réduite vers une animation augmentée ». En fait, le retour par reDevenir de type « 0+x » (où « x » est le plan n°10) révèle que l'importance de la séquence *Cholestérol* est assumée par la priorité du scriptural sur le visuel (cf. les plans n°12 et n°13 très faibles en animations du visuel), scriptural chargé de la promotion des connaissances spécifiques « par principe » : il s'agit de symboles chimiques. Toutefois, ce qui est ici intéressant à observer c'est cette articulation entre visuel et scriptural dont les énergies sont en corrélation inverse (l'augmentation de l'un entraîne la diminution de l'autre).

³³ Il s'agit de la seule animation de type AAA (la plus lente, centrée sur un seul mouvement qui est un mouvement de renforcement de l'énergie « texte »). Il s'agit de la seule séquence d'animation de type AAA sans suppression automatique des flèches mais pour qui, au contraire, l'absence de suppression déclenche présence d'interactivité : la réception « privée » de cette fonction pendant les animations précédentes, son apparition incite d'autant plus son exploitation, aussi « cliquer » avant la fin de l'animation fait rajouter du texte écrit (plan n°15) au texte du plan précédent pendant que l'animation se déploie...

³⁴ Le savoir « parvient » : il atteint au moyen de ses extensions un mouvement de propagation dans l'espace (6 plans sur 8 sont, d'ailleurs, en très forte densité).

³⁵ Effet de ponctuation visuelle : l'animation du plan n°14 est au service du texte du plan n°15 (et même du plan n°16) : ici le dispositif de visualisation canalise l'énergie de l'image au service du texte qu'elle ancre.

³⁶ Le scriptural augmente en énergie sémiotique : par glissements des masses visuelles il y a remplacement et suppression de pavés de texte écrit.

Image, discours et scientifique en ligne

17	« « - » (0) (0+16) (D)	AA ³⁷	AS	<i>Protéines</i>			Forte
18	« « - » (0) (0+17) ³⁸ (D)	AA	AS	<i>Protéines</i>			Très Forte
19	« « - » (0) (0+18) (D)	AAA	AS- ³⁹	<i>Protéines</i>		...Le savoir <i>parvient</i>	Très Forte
20	« « - » (0) (0+19) (D)	AA ⁴⁰	AS	<i>Protéines</i>			Moyenne
21	« « - » (0) (0+20) (D)	AA	AS	<i>Protéines</i>			Très Forte

³⁷ Dans ce plan (marqué par l'absence d'animation autre que standard et la présence d'un texte de taille et de contenu conséquents) se fait remarquer la « corrélation inverse » entre visuel et scriptural : animation diminuée / scriptural augmenté.

³⁸ Le retour sur les images précédentes par reDevenir « 0+x », se fait au profit de l'augmentation continue du texte écrit ; le plan n°18 est caractérisé par une très forte densité visuelle augmentée en graphique et très diminuée en scriptural.

³⁹ Le plan n°19 est celui d'une très forte multimodalité associée à l'introduction d'une animation permanente et qui, par ailleurs, suspend également les animations par survol dans leur propriété de permanence dynamique (elles ne clignotent plus afin que l'attention soit réservée à la nouvelle animation).

⁴⁰ Plan « allégé » aussi bien du point de vue visuel que du point de vue texte.

22	« « - » (0) (0+21) (D)	AA	AS	<i>Protéines</i>			Très Forte
23	« « - » ⁴¹ (0) (0+22) (D)	AAA ⁴²	-	Endocytosis		Savoir-être 2	Faible
24	« « - » (0) (0+23) (D)	AAA ⁴³	-	<i>Endocytosis</i>			Faible
25	« « - » (0) (0+24) (D)	AAA ⁴⁴	-	<i>Endocytosis</i>			Faible
26	« « - » ⁴⁵ (0) (0+25) (D)	AAA ⁴⁶	-	<i>Endocytosis</i>			Faible

⁴¹ Est à noter l'absence d'animation-transition depuis le plan n°15 et désormais jusqu'à la fin du diaporama.

⁴² Animation automatique standard très lente du matériau visuel par déplacement de masses visuelles.

⁴³ Animation automatique standard très lente du matériau visuel par surimpression de formes visuelles.

⁴⁴ Animation automatique standard très lente du matériau visuel par surimpression *et* déplacement de formes visuelles.

⁴⁵ On peut faire le chemin à rebours en fonction des liaisons inter-séquence signalées le long de ce tableau descriptif.

⁴⁶ Animation automatique standard très lente du matériau visuel par déplacement de formes visuelles.

Le « jeunisme » de l'imagerie scientifique

Nathalie ROELENS
Université de Nimègue

Nous sommes fichés, nous sommes fichus

D'un passeport, neutre, passe-partout, nous sommes passés récemment à un passeport, « digital », « protectionniste », où le pays d'origine figure à cinq reprises (en quatre langues et visible au microscope) tandis que la silhouette du pays balafre un visage « conforme », lisse, sans marques d'appartenance, sans bijoux, sans voile, sans sucette pour les bébés et doublé d'une photo en filigrane. La légende est désambiguïsante (tous les prénoms y figurent), intrusive (car elle comporte le numéro du registre national), bref sécuritaire, et sécurisante puisque des recommandations à l'interactivité de contrôle accompagnent l'identification.

Nous sommes fichés, nous sommes fichus, pourrait-on gloser. Et nous ne sommes pas du tout au bout du processus. Le passeport s'annonce biométrique (*ID-card*), comme c'est déjà le cas dans certains pays, doté d'une empreinte digitale, d'un scanning de l'iris et, dans un avenir plus ou moins proche, du patrimoine génétique de l'individu par recensement de l'ADN. Qu'est-ce à dire ? Les dispositifs identifiants et authentifiants induisent à des pratiques à la fois allégées (rapidité, efficacité) mais plus intrusives (surveillance, atteinte à la vie privée). D'un climat de confiance nous passons à un climat méfiance, de paranoïa.

Il nous faut cependant retracer la double généalogie qui a engendré cette sophistication accrue des dispositifs de visualisation, ce « jeunisme » de l'image scientifique.

Généalogie des « sciences » identificateurs

L'identification (constater l'identité de quelqu'un) ou l'authentification (constater que quelqu'un est bel et bien celui qu'il prétend être) des personnes remonte à la fois à la *physiognomonie*, pseudo-science apparue dès

l'antiquité, et à l'*anthropométrie*, science née au dix-neuvième siècle. La physiognomonie a ensuite donné la *phrénologie* et, à une époque plus récente, la *morphopsychologie*, voire depuis peu la *morphobiologie*. L'anthropométrie a été supplantée dernièrement par la *biométrie*. Comme toutes ces disciplines partent de l'observation de particularités physiques, elles reposent sur une imagerie très développée.

Dans le traité hippocratique *Des épidémies* apparaît pour la première fois le terme « φυσιογνωμονια », littéralement « art de juger quelqu'un d'après son apparence physique ». ¹ Pour ce faire cette discipline se servait de trois méthodes principales : la méthode anatomique, la méthode ethnologique et la méthode zoologique. En tant que sémiologie, la physiognomonie donne la priorité au visage comme icône de l'âme et surtout aux yeux comme indices. Mais on infère également à partir du système pileux, du teint, des différents membres, de la démarche, de la gestuelle, de la respiration ou de la voix. On constate donc un mélange de traits physiques, permanents, discrétisables, et de traits comportementaux, mouvants, non discrétisables comme les derniers.

Or, d'emblée cette discipline s'avère une pseudo-science car elle puise indûment une légitimité scientifique dans les sciences dont elle copie les pratiques, tout en nous alertant malgré elle contre les prétentions scientifiques ou abus des sciences actuelles qu'elle a indirectement engendrés. Comme les traités n'étaient pas illustrés à l'époque, ce sont les exemples invoqués par hypotypose qui font office d'images pseudo-scientifiques.

- Dans *La méthode anatomique* on découvre déjà une *généralisation* abusive : « [...] les physiognomonistes, observant un individu dont le visage ressemblait à celui d'un homme furieux en l'absence de tout courroux, à celui d'un craintif en l'absence de toute menace, ou à celui d'un jaloux en l'absence d'envie, le déclaraient coléreux, peureux ou jaloux. » ²
- *La méthode ethnologique* n'est pas moins sujette à caution, car elle repose sur un *syllogisme fallacieux* : « Celui-ci ressemble à un Egyptien, or les Egyptiens sont malins, dociles, délicats, téméraires et enclins à l'amour ; celui-ci est proche d'un Celte, c'est-à-dire d'un Germain, or les Celtes sont ignares, courageux et sauvages. » ³
- *La méthode zoologique* parut plus sûre et plus aisée aux physiognomonistes gréco-romains, mais présente cependant les limites liées à l'*homologation* homme-animal car il faudrait par exemple, pour identifier les signes du courage, observer tous les

¹ Hippocrate, *Des épidémies*, 2,5, cité par Loïc Comment, *La méthode zoologique dans les traités de physiognomonie*, mémoire de latin, Neuchâtel, 2004, p. 8 (<http://www.unine.ch/antic/MLComment.pdf>).

² cf. Pseudo-Aristote, *Physiognomonica*, 805a ; Anonyme latin, *Traité de physiognomonie*, 9, in *ibid.*

³ Anonyme latin, *Traité de physiognomonie*, 9, in *ibid.*, p. 11.

animaux courageux et repérer leurs points physiques communs au lieu de se limiter au seul lion.

- Une quatrième manière de procéder s'ajoute chez Pseudo-Aristote, à savoir celle qui permet de découvrir les qualités et défauts d'un sujet en se basant sur les autres caractéristiques déjà observées chez lui. Il donne l'exemple d'un homme qui s'énerve rapidement, qui est difficile à satisfaire et de peu d'esprit. Pour Pseudo-Aristote, il est possible d'en conclure que cette personne est également sujette à la jalousie.⁴ Ce *déterminisme* va hanter toutes les sciences qui découleront de la physiognomonie.

Après ce que nous avons appelé généralisation, syllogisme fallacieux, homologation et déterminisme, il faut noter encore un autre travers de cette pseudo-science, à savoir le *conformisme*. Pseudo-Aristote soutient l'idée que de la taille du corps dépend la rapidité ou la lenteur de la personne dès lors que la longueur du trajet parcouru par le sang détermine à quelle vitesse les sensations arrivent à l'esprit, trop rapide dans le cas d'un petit corps sec et chaud, trop lent dans le cas d'un grand corps froid et humide. D'où la conclusion suivante : « Un corps de taille moyenne influencé par les quatre états (chaud - froid - sec - humide) semble donc l'idéal. »⁵ Le juste milieu, la norme, la *doxa* prévalent et jugent les écarts comme inférieurs. Ce qui est encore confirmé par une insistance sur les bonnes proportions dans le corps humain : « Un corps mal proportionné indique une personne fourbe, alors qu'un corps bien proportionné est caractéristique d'hommes braves et loyaux. »⁶

Au conformisme s'ajoute encore l'*arbitrarité* : certains physiognomonistes comme par exemple Adamantius (4^{ème} s. de notre ère) déduisent les traits « irascible, honteux, peureux... » d'un signe particulier sans en signaler les raisons. Cette arbitrarité sera contrecarrée par une volonté d'étayer les dires par un *fondement scientifique*. Or, c'est la médecine des humeurs qui est appelée à la rescousse, basée elle aussi sur la relation entre le physique et le tempérament. Puisque les tissus solides du corps restent fixes, c'est dans les humeurs ou fluides (le sang, le phlegme, la bile jaune et la bile noire) que le mélange est produit. La personne concernée se trouvait dans une situation idéale si ces quatre éléments étaient présents en quantité égale et la santé maintenue par l'équilibre des combinaisons chaud-froid, sec-humide. Hippocrate, Platon ou Aristote insisteront chacun sur un aspect de cet équilibre, tantôt entre les recettes et les dépenses de l'organisme, tantôt quant à l'épaisseur du sang.

Galien (en 170) tentera à son tour de donner une validité scientifique aux principes de ses prédécesseurs. Son schéma de la physiologie humaine, prétendument plus scientifique car contenant davantage de paramètres - un peu comme dans le passeport du début - , repose sur la doctrine des quatre

⁴ *Ibid.*, p. 16.

⁵ *Ibid.*, p. 19.

⁶ *Ibid.*

éléments (eau, air, terre, feu) qui, combinés aux quatre qualités physiques (chaud, froid, humide, sec), influent sur les quatre humeurs : donnant le sanguin, le flegmatique, le colérique ou bilieux et le mélancolique. Il s'accorde également avec ses prédécesseurs pour déduire des signes d'excellence de ce qui est proche du juste milieu, comme par exemple des oreilles de taille moyenne ou des yeux moyennement enfoncés dans leurs orbites.

Cette présumée scientificité permet l'application de la doctrine dans des domaines littéraires comme les biographies et les portraits, c'est-à-dire essentiellement chez les historiens, les orateurs et les romanciers. Or, on constate par exemple dans les *Vies des douze Césars* de Suétone une réversibilité de la loi et du cas, car il ne déduit pas le caractère des empereurs (Auguste, Caligula) de leur physique, mais fait plutôt la démarche inverse. Il cherche à « composer un portrait tel qu'il [soit] physiognomiquement conforme à leur caractère et corrobor[e] ainsi l'étude morale. »⁷

Une autre dérive est l'*axiologie*. Les orateurs et les rhéteurs se sont servis de la physiognomonie (entre autre de la gestuelle) pour dénigrer un opposant ou pour louer un personnage qu'ils estiment beaucoup : Polemon (2^{ème} s.), dans son *De physiognomoniam liber*, rapproche en l'occurrence ses ennemis de types considérés comme inférieurs à l'époque : l'animal par rapport à l'humain, la femme par rapport à l'homme, l'étranger par rapport au Grec.

Dès la fin de l'Antiquité, la physiognomonie va s'éloigner de plus en plus du terrain des sciences naturelles et de la médecine pour laisser la place à une importante production d'écrits divinatoires et occultes. La physiognomonie devient une mantique. On tente de prédire la destinée de l'individu observé.

La physiognomonie se condamnait donc à de nombreuses apories d'un point de vue scientifique. Ce n'est qu'après une série de rééditions des œuvres antiques, par le biais des Arabes, que l'on assiste durant la Renaissance à un retour de la prépondérance du courant scientifique dans l'étude de la physiognomonie.

Et, qui plus est, la scientificité est désormais appuyée par l'image. La planche (remontant souvent à la méthode zoomorphique) devient le gage de la scientificité de la discipline et de ses progrès ! Souvent la primauté est accordée au visage, avec l'exclusion totale du corps :

1. Giambattista della Porta, quoiqu'il base son ouvrage *De humana physiognomoniam* (1586) sur un syllogisme fallacieux : « Chaque espèce d'animaux a sa figure correspondant à ses propriétés et à ses passions ; les éléments de ces figures se retrouvent chez l'homme ; l'homme qui possède les mêmes traits a, par conséquent, un caractère analogue »⁸, tente de donner, par l'image (Figure 1.

⁷ J. Couissin, cité par Loïc Comment, *ibid.*, p. 39.

⁸ Jurgis Baltrusaitis, « Physiognomonie animale », in *Aberrations, Les perspectives dépravées*, Paris, 1957, Champ/Flammarion, 1995, p. 23.

Giambattista della Porta, *Sergius Galba aigle*, 1602, in Jurgis Baltrusaitis, « Physiognomonie animale », in *Aberrations, Les perspectives dépravées*, Paris, 1957, Champ/Flammarion, 1995, p.23) une justification scientifique à sa discipline, de la rationaliser et de la rendre intellectuellement et religieusement acceptable à ses contemporains, notamment suite à la bulle de Sixte Quinte de 1586 condamnant les sciences occultes.⁹

2. Charles Le Brun, avec son *Traité de physiognomonie* (perdu) et son *Expression des passions de l'âme* (1727) propose un procédé géométrique permettant de mesurer l'étendue de chacune des facultés observées chez les individus. Pour ce faire, il représente plusieurs profils d'animaux avec des lignes qui revêtent diverses significations selon qu'elles traversent ou non certaines zones. Par exemple si une ligne déterminée sectionne la gueule, cela indique un animal vorace, alors qu'il est végétarien ou de peu d'appétit s'il elle n'y passe pas. D'autres traits peuvent être déduits selon un système compliqué d'angles, d'intersections et de points de passage. Le Brun accorde également une très grande importance à la concordance entre l'homme et l'animal, car les bêtes sont d'après lui les créatures qui offrent les signes les plus clairs et les plus sûrs. (Figure 2. Charles Le Brun, *Hommes-chats-huants*, www.maitres-des-arts-graphiques.com/-EXBfa.html)
3. Petrus Camper (18^{ième} s.) va inventer la notion d'*angle facial*. Grâce à cette théorie, un simple glissement de l'axe fait apparaître, sur le bas d'un profil, une série de créatures diverses et permet de les situer sur l'échelle évolutive. (Figure 3. *Transition de l'angle facial d'un singe à queue jusqu'à Apollon*, 1791, www.caricaturesetcaricature.com/article-10641611.html)
4. Le pasteur suisse Johann Caspar Lavater va innover en basant une partie de ses observations non pas sur le visage mais sur le *crâne*. Le crâne est pour lui un schéma des formes extérieures, qui en résume les données avec sécheresse et concision. Il va reprendre également la notion d'angle facial de Camper et l'adapter pour en faire ce qu'il appellera *la ligne d'animalité*. Il la présente sous la forme d'un tableau partant d'une grenouille, « l'image bouffie de la nature la plus ignoble et la plus bestiale »¹⁰, pour aboutir à la figure idéale représentée par Apollon (Figure 4, www.caricaturesetcaricature.com/article-12805654.html). Relevons toutefois que certains des stades de l'évolution présentés ici ne correspondent à aucun être vivant, ce qui donne un caractère surréaliste exagéré à ce tableau.

⁹ Loïc Comment, *op.cit.*, p. 42.

¹⁰ Jurgis Baltrusaitis, *op.cit.*, p. 27.

5. Le neurologue viennois François Joseph Gall va encore plus loin en inaugurant la *cranoscopie* (1800) qui permet de deviner la personnalité et le développement des facultés mentale et morale sur la base de la forme externe du crâne. Il fut le premier à affirmer que les fonctions du cortex devaient avoir des localisations précises qui, selon lui, donnent lieu cependant à des proéminences osseuses appelées « bosses » (dont, celle, fameuse, des maths).¹¹ Il s'attacha à valider scientifiquement son hypothèse, en constituant notamment une collection de centaines de bustes en plâtre, moulés directement sur des sujets particuliers : microcéphales, « idiots », etc. La cranoscopie fut rebaptisée *phrénologie* (1810) par ses disciples, en particulier par son élève Johann-Caspar Spurzheim. (Figure 5. Illustration et définition de la Phrénologie, dictionnaire Webster's, 1895, <http://www.answers.com/topic/phrenology?cat=health>). La phrénologie se fonde entièrement sur les principes de la cranoscopie de Gall, c'est-à-dire palpation du crâne à la recherche de ses proéminences.

L'anthropométrie

C'est précisément à l'époque où la physiognomonie s'adonne à la mesure et aux rapports quantitatifs¹² ce qui permet la mathématisation de

¹¹ Aujourd'hui, les techniques d'imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM fonctionnelle) ont confirmé son intuition : le cerveau est constitué de zones fonctionnelles (centres de la parole, de la vue, etc.). Mais on sait qu'il n'existe pas de rapport entre le développement cortical et le relief crânien.

¹² Dans *Phénoménologie de l'esprit* (1807), Hegel se livre déjà à une critique de la physiognomonie, en citant plusieurs fois Georg Christoph Lichtenberg, auteur du livre *Über Physiognomonik*, Göttingen, 1788. Hegel reproche à la physiognomonie de chercher la conscience de soi là où elle ne peut pas être, à savoir dans le sensible, dans le corporel, autrement dit, ses manifestations extérieures. Or, il n'y a pas de stricte équivalence nécessaire entre la conscience et ses manifestations. Le corps n'est que le *signe* de l'âme : par conséquent, la manifestation est « indifférente », arbitraire : « Il s'agit certes d'une expression, mais en même temps aussi uniquement en tant que *signe*, si bien que ce à quoi ressemble ce qui exprime le contenu exprimé est parfaitement indifférent à ce dernier. [...] Lichtenberg a donc raison de dire : *quand bien même le physiognomoniste mettrait un jour la main sur l'homme, il suffirait à celui-ci d'une seule brave petite décision pour se rendre de nouveau incompréhensible pendant des millénaires.* » (*Phénoménologie de l'esprit*, p.252 de l'éd de réf. Aubier, 1991, trad. Lefebvre, p. 228). Toute prétention à la scientificité - vouloir dégager des lois universelles par induction à partir de l'observation, en procédant d'une manière analogue à l'astronomie - est dès lors discréditée. Le fait de poser des *rapports quantitatifs* (un angle de plus de 45° entre l'axe de la mâchoire et l'axe du nez étant significatif, par exemple, d'un comportement agressif) n'est aucunement un garant de l'objectivité. Aujourd'hui, non seulement la prétention scientifique de la physiognomonie n'est plus défendable, mais on l'associe même volontiers au racisme, ou plus largement à la discrimination. Le caractère d'une

données et, partant, une certaine objectivité, qu'elle rejoint officiellement l'anthropométrie.

Alphonse Bertillon donna ce nom en 1883 à un système d'identification dépendant des caractères invariables et donc discriminants de certaines mensurations de parties de la charpente humaine à l'âge adulte. Il en conclut qu'après avoir effectué et répertorié systématiquement ces mensurations, chaque individu pouvait se distinguer parfaitement des autres. L'objectif de Bertillon était d'identifier les criminels récidivistes. Ce « Bertillonage » fut vite crédité de résultats très gratifiants, et répandu dans la plupart des pays civilisés à usage judiciaire.

On comptait 11 mensurations (Figure 6. Relevé de signalement anthropométrique, http://fr.wikipedia.org/wiki/Methode_Bertillon) :

1. Hauteur
2. Envergure : longueur du corps de l'épaule gauche au médium droit lorsque le bras est levé
3. Buste : longueur du torse de la tête au derrière, prise assis
4. Longueur de la tête : du sommet au front
5. largeur de la tête : de temple à temple
6. longueur de l'oreille droite
7. longueur du pied gauche
8. longueur du médium gauche
9. longueur de l'avant-bras gauche : du coude à la pointe du médium
10. largeur des joues
11. longueur du petit doigt gauche

De cette grande masse de détails, relevés à Paris sur 100.000 fiches, on pouvait passer au crible et trier les fiches jusqu'à ce qu'une demi-douzaine produise la combinatoire des mensurations de l'individu recherché. Le relevé est indépendant du nom et l'identification finale se fait à l'aide d'une photographie qui accompagne la fiche individuelle des mensurations. Avant Bertillon on ne disposait pas d'une méthode d'inventaire cohérente permettant un dépouillage facile. Bertillon avait donc espéré rentabiliser le système en réduisant l'information à un set de numéros identificatoires. Il facilita encore le repérage en archivant les relevés en trois catégories : « small », « medium », « large ».

Francis Galton (demi-cousin de Darwin), lui-même anthropométriste et pionnier en eugénisme et en statistique d'aspects héréditaires, utilisa quant à lui, dans *Inquiries into Human faculty and its development* (Londres, 1884), la *compound photograph* (*photographie composée*) qui résulte de la superposition projetée d'une série de photos-portraits à la recherche du prototype du « criminel ». (Figure 7. Francis Galton, *Le criminel type*, http://www.rochester.edu/in_visible_culture/issue1/bryson/image-1.html).

personne n'est en effet pas déductible du seul aspect physique de la personne, mais dépend de nombreux facteurs externes : milieu social, expériences, etc. (cf. fr.wikipedia.org/wiki/Physiognomonie).

Il dut cependant conclure, après expérimentation exhaustive, qu'on ne pouvait obtenir ce genre de types en pratique : « Galton remarqua cependant que le croisement des portraits de criminels rendit leur visage plus agréable tandis qu'il était précisément à la recherche du prototype du 'vilain criminel' ». ¹³

Galton a toutefois prouvé la redondance des mensurations de Bertillon et développé un concept statistique de *corrélation* (1888). Bertillon croyait que les variables – par exemple la longueur de l'avant-bras et de la jambe – étaient indépendantes tandis que Galton s'aperçut qu'elles étaient toutes deux le résultat d'une seule variable causale (en l'occurrence, la stature). C'est également à cause de Galton que l'anthropométrie tomba progressivement en disgrâce, car il suggéra un système supérieur d'*empreintes digitales* ou *dactyloscopie*, déjà pratiqué au Bengale. ¹⁴

L'italien Cesare Lombroso, pionnier de la criminologie positiviste, chercha, pour sa part, à trouver une association statistique entre le faciès et les mœurs, en particulier lorsqu'elles sont douteuses. Dans *L'uomo delinquente (l'Homme criminel)* (1876), il évoqua les formes « primitives » censées caractériser le vagabondage et la criminalité. La criminalité n'est pas normale, comme le prétendait l'école classique, mais une « déviance », le fruit d'un déterminisme biologique. Pour Lombroso il existe un « criminel né », reconnaissable à ses difformités physiques ou *stigmates ataviques*, comme la mâchoire large et prognathe, les yeux enfoncés, un front court, les sourcils qui se rejoignent, le visage asymétrique, des pommettes hautes, des oreilles décollées, un nez camus, des lèvres charnues, etc. Il mena sa recherche de façon quantitative mesurant la forme du crâne de milliers de détenus à l'aide d'un craniomètre. Son anthropométrie s'inscrit donc dans la mouvance de la phrénologie, jetant encore une passerelle entre sciences et pseudo-sciences. Mais sa théorie se rapporte également à l'évolutionnisme dans ce sens que les criminels n'évoluent pas mais dégèrent, voire régressent à l'état d'homme primitif. ¹⁵

Aujourd'hui, l'anthropométrie joue un rôle important dans le design industriel, l'industrie textile (aidant à définir les normes de l'habillement), l'ergonomie, l'architecture, la santé publique. Les données statistiques sur la distribution des dimensions corporelles dans la population sont utilisées pour

¹³ Crétien van Campen, « De aantrekkingskracht van gemiddelde gezichten » (version abrégée d'un article dans *Psychologie Magazine*, mars 2000), www.synesthesie.nl/pub/gezicht.htm (je traduis), p. 9.

¹⁴ Le bertillonage pêchait par certains défauts mis en évidence au Bengale : le coût des appareils employés, leur lenteur et leur fiabilité réduite, le besoin en mesureurs instruits et bien formés, les erreurs persistantes qui s'insinuaient dans les relevés. Ces mensurations furent abandonnées dès 1897 lorsque le système d'empreintes digitales était adopté dans toutes les Indes britanniques. On les utilisa à partir d'alors comme seules preuves d'identification.

¹⁵ Aux Etats-Unis on trouve encore des adeptes de Lombroso. Ils prétendent que la criminalité est génétiquement déterminée et qu'elle doit être combattue par des manipulations génétiques.

optimiser des produits. Des changements dans les styles de vie, dans la nutrition et dans la composition ethnique de la population amènent des changements dans la distribution des dimensions corporelles (par. ex. l'épidémie d'obésité) et requiert une mise à jour des collections de données anthropométriques. L'anthropométrie actuelle s'effectue cependant avec des scanners tridimensionnels. On extrait les mensurations à partir du scanner et non plus directement de l'individu. On assiste donc à un allègement de procédures.

D'autres applications ont vu le jour. On a ainsi pu reconstituer en trois dimensions le portrait-robot de Dante Alighieri suite aux recherches de l'anthropologue Fabio Frassetto. En 1921 celui-ci effectua le dépouillement scientifique des restes de Dante, conservés à Ravenne et en fournit une description minutieuse, accompagnée de 297 données métriques du squelette et de photos dans son ouvrage '*Dantis ossa*'. *La forma corporea di Dante* (1933). Frassetto décida de se servir de ces valeurs numériques pour les comparer aux portraits les plus accrédités de Dante, en superposant le profil du crâne du poète à l'image iconographique agrandie à la même échelle. Il fit subir la même opération à des bustes ou des masques funéraires. La conclusion fut pourtant qu'aucune effigie connue de Dante ne se révélât pleinement correspondante à la forme et aux dimensions du crâne. Le visage qui est entré dans l'imaginaire collectif pourrait ne pas refléter fidèlement le vrai visage de Dante. Il réalisa ensuite à partir des données morphologiques et métriques un calque d'une précision millimétrique du crâne du poète, où il ajouta la mâchoire perdue dans le crâne d'origine. Il fit enfin reconstituer le visage avec ses parties molles par un sculpteur à nouveau en s'inspirant de l'iconographie.

Or, le professeur Giorgio Gruppioni de l'université de Bologne et ses acolytes tentent actuellement, à travers les techniques d'élaboration virtuelle des images et de *facial reconstruction*, employées dans le champ de l'anthropologie juridique, d'accroître le degré d'approximation dans la définition des traits physiologiques du poète. Après avoir saisi le calque du crâne de Frassetto avec un scanner laser 3D, ils ont procédé à la reconstitution *ex novo* de la mâchoire perdue à travers la technologie de la modélisation virtuelle. A partir du modèle virtuel complet du crâne ainsi obtenu fut réalisé le modèle physique moyennant un système de prototypisation rapide employé dans le champ industriel. Enfin, on y a apposé les parties molles, les muscles et la peau. Une reconstitution digitale (modélage graphique) a été effectuée à partir du visage modelé manuellement qui s'est avéré trop statique et figé, afin de permettre par le biais de la technologie moderne de « modifier virtuellement le résultat de la reconstitution faciale. »¹⁶ On est ici en plein jeunisme : ressusciter le bougé d'un mort, en l'occurrence sous forme d'un clone virtuel, contrer l'obsolescence d'un résultat par une nouvelle technologie. La mise en

¹⁶ www.ricercaitaliana.it/stdoc/Dante_per_ricerca_italiana.pdf, p. 3 (je traduis)

discours de l'opération adhère totalement à cette idéologie du progrès de l'image scientifique :

Dalla forma iniziale del volto modellato dal prof. Mallegni sono state generate, e potranno ancora essere generate in futuro, diverse rappresentazioni che si mantengono sempre coerenti con il cranio del Poeta ma che hanno il grande potere di essere virtuali, e dunque riproducibili e modificabili per restituirci non uno, ma differenti aspetti fisionomici del volto del poeta.¹⁷

Revenons à l'anthropologie. Ses dérives sont connues. Même si le terme « *eugenics* » forgé par Francis Galton en 1883 n'avait pas de connotations raciales au départ, l'anthropométrie devint l'assise de l'eugénisme comme volonté d'améliorer l'espèce humaine. Ce souhait, qui existe depuis l'antiquité peut se traduire par une politique volontariste d'éradication des caractères jugés handicapants ou de majoration des caractères jugés « bénéfiques » pour soi-disant compenser l'effet anti-sélectif de la civilisation humaine dans les pays développés, autrement dit, pour agir là où la sélection naturelle n'est pas suffisante. (Figure 8. Anthropométrie démontrée lors d'une conférence sur l'eugénisme, 1921, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Anthropometrie>)

A l'époque, Galton, ne connaissant pas les travaux de Gregor Mendel sur la transmission des caractères héréditaires, ne faisait pas la distinction entre, d'une part, l'amélioration génétique des humains par sélection de caractères héréditaires jugés souhaitables ou l'élimination des caractères jugés indésirables et, d'autre part, l'amélioration des individus par des interventions portant sur leurs conditions de vie. Or, sans parler des atrocités commises par les nazis au nom d'un eugénisme des plus scientifiques, la volonté d'améliorer l'espèce humaine mène de tout façon à une impasse théorique. Au 18^{ième} siècle on aurait pu vouloir favoriser l'émergence d'hommes robustes capables surtout d'une grande endurance pour devenir portefaix ou travailleurs de force. Au 19^{ième}, en revanche, la machine à vapeur avait déjà commencé à faire à ce type d'hommes une concurrence si bon marché qu'elle les transforma progressivement en chômeurs. De sorte que l'eugénisme aurait ici *augmenté* et non *réduit* le nombre d'inadaptés.

Le cratylysme des ancêtres de la biométrie

Reprenons la filiation des pseudo-sciences héritières de la physiognomonie qui vont se succéder à un rythme effréné, caution de leur validité, image de la réalité de la science qui tâtonne par hypothèses, lesquelles peuvent à tout moment être affirmées ou infirmées, selon le principe cher à Popper.

- Après la phrénologie, Paul Broca (19^{ième} s.) reprit à son compte la théorie des *localisations fonctionnelles*, notamment en étudiant l'aphasie dans des contextes traumatiques.

¹⁷ *Ibid.*, p. 4.

- Le docteur Louis Corman, psychiatre nantais inaugure en 1937 la *morphopsychologie*, qui explique les relations entre les formes du visage et les caractères par les notions de *dilatation* et de *rétraction* élaborées en 1914 par le docteur Claude Sigaud (gastro-entérologue lyonnais) et par la morphologie planétaire présentée par Gervais Rousseau. Trop empirique, la morphopsychologie souffre cependant du manque d'assises biologiques, ostéologiques et méthodologiques.
- La *prosopologie* de Roger Ermiane, médecin français, étudie le jeu des muscles peauciers dans un ouvrage intitulé *Jeux Musculaires et Expressions du Visage*, 1949.
- Avec la *morphobiologie* (1990) Jean-Marie Lepeltier étudie la signification de toutes les formes du vivant, de la sphère végétale à la sphère animale et déduit, à partir de sa seule morphologie, le mode de développement et le type de 'comportement' propre à tout organisme vivant. A partir d'un *code universel*, la morphobiologie incorpore donc tous les êtres cellulaires du règne végétal et animal et rénove ainsi profondément la morphopsychologie cormanienne. La morphopsychologie (enseignée à l'ESM, Ecole Supérieure de Morphopsychologie) s'en inspira aussitôt et s'appuie désormais sur ce code universel, objectivement fondé par la biologie et l'ostéologie. Selon ce code, tous les organismes se retrouvent Larges ou Longilignes. On peut ainsi trouver sur Internet un portrait morphopsychologique de Nicolas Sarkozy, le caméléon¹⁸. Or, que constate-t-on ? Malgré toutes les nouvelles moutures de la discipline nous renouons étrangement avec la physiognomonie la plus classique : la rétraction frontale de Sarkozy révèle son caractère réagissant, son adaptabilité, son côté dispersif ou protéiforme, sa peau charnue sa composante féminine, son nez à l'arête bossuée sa susceptibilité, etc.

On le voit. Toutes ces disciplines et les images qu'elles véhiculent pèchent par cratylisme. Le signifiant formel, relayé par l'image, s'avère motivé par son signifié, le caractère, le tempérament. On rejoint ainsi une conception artistique et fétichiste du portrait : « Pendant longtemps – jusqu'au siècle des lumières –, l'usage voulait que les portraits des malfaiteurs que l'on ne pouvait pas saisir soient exécutés par un bourreau à la place de la personne réelle (*executio in effigie*). »¹⁹ Les diagrammes que l'on retrouvera en biométrie sont également basés sur des données indicielles, plus proches donc de la matérialité du corps et dès lors, un peu comme dans l'icône byzantine qu'on embrasse au lieu de regarder, teintées de cratylisme.

¹⁸ www.morpho-psychologie.fr/histoire/histoire.htm et avinot.club.fr/

¹⁹ Norbert Schneider, *L'art du Portrait. Les plus grandes œuvres européennes*, 1420-1670, Cologne, Taschen, 1994, p. 26.

La biométrie

On constate en effet une étonnante analogie entre les procédés identificatoires du caractère dans l'antiquité et les procédés identificatoires et authentifiants de la personne actuelle, notamment en biométrie. L'image scientifique avec ses aspirations au jeunisme réalise ce relais.

Dans la biométrie, la hiérarchie des signes (indices) corporels repérés est la même que dans l'ancienne physiognomonie. La primauté des yeux et de la tête par rapport au reste du corps s'expliquait pour les Anciens par le fait que ces parties du corps se situent à l'endroit où les émotions sont le plus facilement perceptibles et observables, tandis que la biométrie argue de la plus grande singularité morphologique dans les traits du visage et dans la proportion entre eux que dans le reste du corps et, partant, d'une fiabilité accrue.

Tandis que la physiognomonie antique ne prétendait aucunement se limiter à la fonction identificatoire mais, comme la science n'était pas encore séparée de la mantique, avait des visées divinatoires et judiciaires, la biométrie, tout en s'appuyant sur la même sémiose, prétend se limiter à la fonction identificatoire ou authentifiante, mais feint d'ignorer que ses recensements peuvent susciter d'autres usages.

En tant que « technique globale visant à établir l'identité d'une personne en mesurant une des ses caractéristiques physiques »²⁰ et donc de la cataloguer, la biométrie prétend être une véritable alternative plus efficace, plus rapide, moins coûteuse aux mots de passe et autres identifiants pour sécuriser les contrôles d'accès. Il peut y avoir plusieurs types de caractéristiques physiques ou comportementales, les unes plus fiables que d'autres, « mais toutes doivent être infalsifiables et uniques pour pouvoir être représentatives d'un et un seul individu. »²¹

Le trait distinctif est capté (phase d'enrôlement), traité par un algorithme numérique et mis en mémoire dans une base de données. L'algorithme crée ensuite une représentation digitale de la biométrie obtenue. Les informations stockées ne sont par conséquent jamais les images d'origine, mais un modèle mathématique des éléments qui distinguent l'échantillon biométrique d'un autre. Ce modèle est appelé « gabarit » ou « signature ». De cette manière, on obtient des fichiers de très petite taille. Par exemple, l'image d'origine d'une empreinte digitale a une taille de l'ordre de 100.000 octets, son gabarit une taille de 500 octets. Si l'utilisateur veut entrer dans le système où ses données sont déjà enregistrées, un processus de comparaison sera engagé pour voir si la nouvelle capture correspond à la précédente. Une marge d'erreur est cependant prévue qui, paradoxalement, est présentée comme une nouvelle de caution de scientificité.

²⁰ www.securiteinfo.com/conseils/biometrie.shtml

²¹ www.biometrie-online.net/

Il existe plusieurs caractéristiques physiques et comportementales qui se révèlent être uniques pour un individu, et il existe également pour chacune d'entre elles plusieurs façons de les mesurer.

Caractéristiques physiques :

- *empreintes digitales (finger-scan)* : la donnée de base dans le cas des empreintes digitales est le dessin représenté par les crêtes et sillons de l'épiderme. Ce dessin est unique et différent pour chaque individu. Les techniques utilisées pour la mesure sont diverses : capteurs optiques, capteurs ultrasoniques, capteurs de champ électrique, de température... Ces capteurs sont souvent doublés d'une mesure visant à établir la validité de l'échantillon soumis (autrement dit, qu'il s'agisse bien d'un doigt), par des capteurs de battements cardiaques, par exemple.
- *géométrie de la main (hand-scan)* : ce type de mesure biométrique est l'un des plus répandus, notamment aux Etats Unis. Cela consiste à mesurer plusieurs caractéristiques de la main (jusqu'à 90) tel que la forme de la main, la longueur et la largeur des doigts, la forme des articulations, les longueurs inter-articulatoires, etc. La technologie associée à cela est principalement l'imagerie infrarouge ; d'une façon générale, le système présente une marge d'erreur assez élevée, surtout entre personnes de la même famille ou bien encore entre jumeaux.
- *iris (iris-scan)*²² : l'individu se place en face du capteur (caméra CCD/CMOS) qui scanne son iris. Celui-ci représente quelque chose de très intéressant pour la biométrie car il est à la fois toujours différent (même entre jumeaux monozygotes avec ADN identique, entre l'œil gauche et le droit, etc.), indépendant du code génétique de l'individu, et très difficilement falsifiable.
- *rétine (retina-scan)* : cette mesure biométrique est plus ancienne que celle utilisant l'iris, mais elle a été moins bien acceptée par le public et les utilisateurs, sans doute à cause de son caractère trop contraignant : la mesure doit s'effectuer à très faible distance du capteur (quelques centimètres), qui réalise ensuite un balayage de la rétine.
- *visage (facial-scan)* : il s'agit ici de faire une photographie plus ou moins évoluée pour en extraire un ensemble de facteurs qui se veulent propres à chaque individu. Ces facteurs sont choisis pour leur forte invariabilité et concernent des zones du visage telles que les pommettes, les coins de la bouche, etc.²³
- *système et configuration des veines (vein pattern-scan)* : cette technique est habituellement combinée à une autre, comme l'étude

²² Source: American Academy of Ophthalmology, in *ibid.*

²³ Source : MIT Face Recognition Demo Page, in *ibid.*

de la géométrie de la main. Il s'agit ici d'analyser le dessin formé par le réseau des veines sur une partie du corps d'un individu (la main) pour en garder quelques points caractéristiques.

Caractéristiques comportementales (behaviometrics, performance biometrics) :

Rappelons que les physiognomonistes de l'antiquité s'intéressaient déjà à la démarche, la gestuelle, la respiration ou la voix. Outre les caractéristiques physiques, un individu possède en effet plusieurs éléments liés à son comportement qui lui sont propres :

- *dynamique des frappes au clavier (keystroke-scan)* : les frappes au clavier sont influencées par plusieurs choses : selon le texte que l'on tape et, de manière plus générale, selon sa nature, on aura tendance à modifier sa façon de taper au clavier.
- *reconnaissance vocale (voice-scan)* : les données utilisées par la reconnaissance vocale proviennent à la fois de facteurs physiologiques et comportementaux. Ils ne sont en général pas imitables.
- *dynamique des signatures (signature-scan)* : ce type de biométrie est à l'heure actuelle peu utilisé mais ses défenseurs espèrent l'imposer assez rapidement pour des applications spécifiques (documents électroniques, rapports, contrats...).

Chaque technique répond à d'autres paramètres : l'universalité (présence du trait dans chaque individu), l'unicité (le trait différencie un individu d'un autre), la permanence (le trait résiste au temps), l'effort et l'acceptabilité (quel est le degré d'acceptabilité de la mesure de la part du public), le coût (lecteurs, capteurs, etc.), l'efficacité (capacité à identifier quelqu'un), l'immunité (quel est le risque que le système d'identification ou d'authentification soit déjoué).²⁴

Il existe plusieurs autres techniques en cours de développement à l'heure actuelle ; parmi celles-ci citons la biométrie basée sur la *géométrie de l'oreille, les odeurs, les pores de la peau et les tests ADN*.

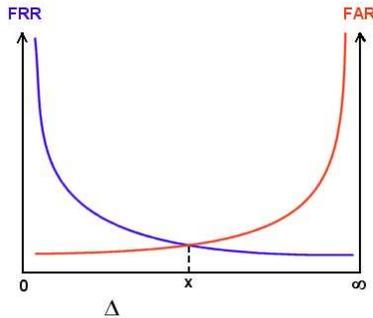
La biométrie présente malheureusement un inconvénient majeur. En effet, aucune des mesures utilisées sur l'être humain en tant qu'organisme vivant ne se révèle être totalement exacte ou définitive : celui-ci s'adapte à l'environnement, vieillit, subit des traumatismes plus ou moins importants, bref, évolue et altère les mesures.

L'aspect falsifiable est cependant là pour donner une nouvelle légitimité scientifique. La mise en image de cette marge d'erreur est encouragée car elle installe une certaine narrativité dans l'énonciation diagrammatique purement numérique.

²⁴ Cf. en.wikipedia.org/wiki/Biometrics

Prenons le cas le plus simple, celui des empreintes digitales. Suivant les cas, nous présentons plus ou moins de transpiration ; la température des doigts est tout sauf régulière. Il suffit en outre de se couper pour présenter une anomalie dans le dessin de ses empreintes. Bref, dans la majorité des cas, la mesure retournera un résultat différent de la mesure initiale de référence. Or, pour pallier à cela, le système autorise une marge d'erreur entre la mesure et la référence.

On cherche donc à diminuer le taux de faux rejets *TFR* (*False (non match) Rejection Rate, FRR*), tout en maintenant un taux relativement bas de fausses acceptations *TFA* (*False Acceptation Rate, FAR*).²⁵ Le *FRR* est le fait de rejeter comme un imposteur une personne autorisée en temps normal car sa mesure biométrique présente trop d'écart par rapport à la mesure de référence pour cette même personne. *Un système fonctionnel aura un FRR le plus bas possible*. D'autre part, le *FAR* est le fait d'accepter une personne non autorisée. Cela peut arriver si la personne a falsifié la donnée biométrique ou si la mesure la confond avec un autre personne. *Un système sûr aura un FAR le plus bas possible*. Dans la vie courante, les industriels cherchent principalement à avoir un compromis entre ces 2 taux, *FRR* et *FAR*, qui sont eux liés suivant une relation illustrée ici :



Ce graphique est purement démonstratif. Delta représente la marge d'erreur autorisée par le système, variant de 0 à l'infini. Très succinctement, on voit que, plus la marge d'erreur autorisée est importante, plus le taux de fausses acceptations augmente, c'est-à-dire que l'on va accepter de plus en plus de personnes qui ne sont pas autorisées (et donc la sécurité du système diminue). Par contre on voit que le taux de rejet des personnes autorisées diminue également, ce qui rend le système plus fonctionnel et répond mieux aux attentes des utilisateurs. A l'autre extrémité, si l'on diminue la marge d'erreur acceptée par le procédé de mesure biométrique, les tendances des deux taux sont inversées : on va de moins en moins accepter des individus essayant de

²⁵ S'ajoute encore la FTE ou FER : Failure to enroll rate. TEE : Taux d'égale erreur

frauder mais on va aussi, par la même occasion, avoir un taux de rejet sur des personnes autorisées qui sera trop important pour être toléré dans la plupart des cas. *Le compromis habituel est de prendre la jonction des courbes, c'est à dire le point x où le couple (FAR, FRR) est minimal (encore appelée EER : equal error rate ou CER : cross-over error rate)*

En conclusion, toute la biométrie peut se résumer pour les plus pessimistes à ce seul compromis qui fausse toute la confiance que l'on pourrait porter à cette technologie. La vulnérabilité du système n'est donc pas inexistante. L'identité à qui peuvent être attribués les traits peut être « fausse ». On peut également présenter un faux doigt, imprégné d'une fine couche de silicone afin de corrompre la lecture des empreintes. Outre la contrefaçon, il y a le risque que les bases de données contenant les éléments biométriques de référence soient attaquées directement.

Les données biométriques contiennent en outre souvent plus d'information qu'il est nécessaire pour l'identification. Ainsi peut-on déduire de certains traits du visage l'état de santé de quelqu'un ou sa race. La biométrie pourrait aussi inciter au vol de données ou même causer des dommages à la personne propriétaire de ces données : « En 2005, des voleurs de voiture malais ont coupé le doigt à un propriétaire d'une Mercedes-Benz S-Class pour s'emparer de son véhicule. »²⁶

Les opposants à la carte d'identité biométrique, l'association *Privacy international* de Londres par exemple, y voient « une disgrâce pour la démocratie »²⁷. Elle porte atteinte à la vie privée, permet un contrôle illicite sur les comportements de navigation sur le net, de consommation, de dépenses financières. Bref, la carte biométrique ne fait pas l'unanimité, on est plus que sceptiques. Les sénateurs français ont validé en octobre 2003 le projet de loi relatif à « la maîtrise de l'immigration et au séjour des étrangers ». Préparé par le ministre de l'intérieur de l'époque, Nicolas Sarkozy, il instaure la création d'un fichier recensant les empreintes digitales de toute personne qui dépose une demande d'asile ou obtient un visa pour la France. Les test d'ADN pour le regroupement familial qui ont été préconisés par la suite ont soulevé plus d'un tollé. Ce sont d'ailleurs les pays où la liberté est réduite, comme la Chine qui ont décidé d'adopter une carte qui contiendra une empreinte génétique récoltée à partir d'un cheveu, d'une goutte de sang ou d'une cellule.²⁸

Toutes ces images témoignent d'un *fantasme de la transparence et de la surveillance* absolue, proche du « panoptique » de Jeremy Bentham, et qui a encore plus de chance d'être réalisé que sa prison parfaite, dans la mesure où, dans un univers numérique, la dépendance de l'individu à la technologie est en effet absolue :

²⁶ news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/4396831

²⁷ www.zdnet.fr/actualites/informatique/

²⁸ Cf. *ibid.*

Des puces-mouchards, des puces-garde-fou, des puces-désactivantes, notre environnement se modifie au gré de l'introduction toujours plus importante des technologies numériques dans notre vie quotidienne. Nous basculons peu à peu dans une société où les limites fixées par la loi, et celles que permettent les technologies coïncident exactement. Une société où la responsabilité individuelle perd progressivement de son sens, c'est-à-dire où, d'une part, les citoyens sont totalement transparents aux autorités, et où, d'autre part, leur comportement est techniquement bridé selon les termes de la loi.²⁹

Georges Didi-Huberman, dans *Ouvrir Vénus*³⁰ fait remonter ce fantasme aux écorchés de la Renaissance et en tout cas à la *Venere de' Medici*, réalisée en cire teintée par Clemente Susini, de l'école de céroplastie florentine :

Cette Vénus de cire, extraordinairement réaliste – jusqu'aux yeux de verre, aux cheveux réels et à la pilosité pubienne –, cette Vénus maquillée, parée d'un collier de perles vraies, étendue sensuellement sur un drap de soie, était [...] *démontable* : l'expérimentateur ou l'étudiant en médecine pouvait méthodiquement, tranquillement, franchir les limites de sa chair, l'*ouvrir* jusqu'au cœur et jusqu'au secret de sa matrice. Une autre *Vénus*, surnommée *La Sventrata*, développait – terrible éventail – l'informe surgissement des viscères.³¹ (figure 9. Clemente Susini, *Vénus éventrée*, 1782, <http://bioephemera.com/2007/01/05/wombs-waxes-and-wonder-cabinets/>)

On le voit. Le fantasme de transparence totale, du scalpel imaginaire, ne peut être comblé que par des dispositifs de plus en plus intrusifs. Or à quoi bon aller scanner jusqu'à la rétine si l'efficacité ne se voit pas augmentée. La biométrie parfait l'illusion selon laquelle plus on pénètre dans le corps plus on atteint une certaine justesse.

Conclusion

D'une part, le mythe de la jeunesse imprègne toutes les disciplines identificatoires, soit pour exclure des visages non conformes (avec la vieillesse les traits s'accroissent ou ne s'avèrent plus identifiables) ou d'assassins, soit pour promouvoir un hygiénisme idéologique. D'autre part, l'imagerie scientifique, en recourant à une technologie de plus en plus performante et en innovant constamment, relève de ce que Barthes appelait déjà la « néomanie » dans *Mythologies*. Des dispositifs de visualisation de plus en plus sophistiqués luttent contre leur obsolescence et pallient leur faillibilité, à tel point qu'ils projettent sans cesse leur propre clone futur et amélioré.

²⁹ « Surveiller et punir : le panoptique dans est dans la puce » (www.homo-numericus.net/article167.html) (8-3-2007)

³⁰ Georges Didi-Huberman, *Ouvrir Vénus*, Paris, Gallimard, 1999, p. 39.

³¹ *Ibid.*, p. 106.

Ce double « jeunisme » de l'imagerie scientifique semble lié à la visée profonde de la science et de la technique : abolir l'impuissance de l'humain, trouver des solutions à tout, maîtriser à la fois l'immortalité et l'autodestruction de l'espèce. Seul l'art avec ses propres images, comme dernier retranchement du *tragique*, peut sans doute montrer les limites de cette idéologie, de cette technocratie.

On peut ainsi interpréter la *Melencolia* de Dürer comme l'impuissance ou la résignation de l'homme baroque devant un univers qui n'a pas été créé à mesure humaine et dont il n'est plus le centre. L'homme qui interroge les bibliothèques et les livres est devenu mélancolique, tient nonchalamment, voire abandonne ses outils. La gravure de Dürer sera relayée quelques siècles plus tard par l'*Angelus Novus* de Paul Klee que Walter Benjamin interprète comme une métaphore désenchantée du progrès qui pousse l'ange irrésistiblement vers l'avenir l'obligeant à quitter le monceau de ruines qu'il contemplait. Klee théoriserait d'ailleurs cette vectorialité du progrès comme une aspiration tragique de l'homme.

Le *Passeport* de Saul Steinberg va quant à lui déjouer la prétention à l'univocité de l'image scientifique, qu'il s'agisse d'une photo d'identité ou d'une empreinte digitale, car « nous pouvons voir dans l'image de l'empreinte digitale les contours d'un véritable paysage, avec un arbre sur la ligne d'horizon, les sillons d'un champ labouré montant vers le ciel, une sombre bordure d'arbres qui se détache tristement sur un ciel alourdi d'inquiétantes spirales. La ressemblance apparaît de façon indubitable : l'empreinte digitale, c'est assurément un tableau de Van Gogh. »³² (Figure 10. Saul Steinberg, *Dessins reproduits d'après The Passport* ; Vincent van Gogh, *Route avec des cyprès*, 1889, in Ernst Gombrich, *L'art et l'illusion*, pp. 300-301).

L'art a en tout cas un rôle à jouer dans notre culture visuelle. Notre idéal de mensuration et d'apparence physique est influencé, qu'on le veuille ou non, par le dictats imposés par la culture épurée, assainie, sans bavures des médias, à leur tour sous-tendus par le jeunisme, voire l'eugénisme ambiant, et par l'ingénierie génétique où le biométrique rejoint soudain la physiognomonie. Tout le monde est beau et retraçable. Toute sophistication, toute couture se doit d'être naturalisée par une évidence, une aisance et une insouciance des plus pernicieuses, camouflée derrière une « *sprezzatura* » déjà constatée prophétiquement par Barthes dans la divinité de la Citroën DS ou « déesse » :

Il y a dans la DS l'amorce d'une nouvelle phénoménologie de l'ajustement, comme si l'on passait d'un monde d'éléments soudés à un monde d'éléments juxtaposés et qui tiennent par la seule vertu de leur forme merveilleuse, ce qui, bien entendu, est chargé d'introduire à l'idée d'une nature plus facile.³³

³² Ernst Gombrich, *L'art et l'illusion. Psychologie de la représentation picturale*, Paris, Gallimard, nrf, 1987 (*Art and Illusion*, 1960), pp. 300-301.

³³ Roland Barthes, « La nouvelle Citroën », *Mythologie*, Paris, Seuil, 1957.

Cet idéal s'échelonne pour les femmes d'une certaine maigreur androgyne à la Kate Moss, avec comme limite tensive la maladie - car elle ne correspondrait plus au canon toujours en vigueur de la beauté jeune et saine -, jusqu'aux rondeurs solides (qui s'inscrivent dans une culture du silicone et du botox), comme dans une récente campagne pour la crème hydratante Dove qui met en scène une joyeuse compagnie de jeunes filles en petite tenue potelées mais aux chairs fermes.

Des études récentes ont d'ailleurs montré que nous préférons les visages moyens aux visages d'une beauté hors du commun. Crétien van Campen³⁴ le souligne dans son article « L'attrance des visages moyens » en renvoyant à l'artiste graphiste digital néerlandais Micha Klein qui tire des portraits moyens par la technique du *morphing*, surtout dans *Artificial Beauty Series* (1988). (Figure 11, www.synesthesie.nl/pub/gezicht.htm et <http://www.youtube.com/watch?v=ZPu0RqHLi4>). Ces portraits sont des constructions digitales (sortes de manipulations génétiques) qui résultent d'une série d'opérations. Sept photos-portraits de top-models ont été scannées et surlignées sur les traits du visage les plus saillants. Un programme d'ordinateur a ensuite calculé et comparé les dimensions des traits indiqués et produit un nouveau portrait à partir des paramètres moyens, « obtenant une densification de la beauté. »³⁵ Mais on pourrait ajouter « une banalisation de la beauté » car Micha Klein se heurte à la même aporie que Galton à la recherche du criminel moyen. Crétien van Campen en arrive à la conclusion que l'attrance d'un visage moyen est basé sur la jeunesse, la santé et la symétrie, d'un tel visage : « Les visages des personnes jeunes sont moins spécifiques et donc plus médians. Un visage ayant peu de défauts ou de déviance indique une personne jeune. Et les personnes jeunes sont plus attrayantes que les malades ou les handicapés. »³⁶ Cette perspective évolutionniste, qui repose sur les caractéristiques reproductives jugées bonnes nous ramène sur le terrain dangereux du « jeunisme », de l'idéal de jeunesse, et même de l'eugénisme.

Qui plus est, la globalisation actuelle mène à l'idée que le croisement de portraits de plusieurs continents donnerait la beauté universelle. Une idée qui est incarnée par l'artiste japonais Akira Gomi.³⁷ (Figure 12. Akira Gomi (source: Karl Grammar) www.synesthesie.nl/pub/gezicht.htm). Le monde entier veut paraître jeune, sain, moyen, au teint abricot. Les blancs se font dorer l'épiderme sous le banc solaire ou utilisent des autobronzants, les noirs recourent à des techniques de dépigmentation dangereuses (de l'hydroquinone à base de cortisone ou même de l'eau de javel). On tend tous vers l'« abricotisation »³⁸ du monde. Les Européens maquillent leurs yeux ronds

³⁴ Crétien van Campen, « De aantrekkingskracht van gemiddelde gezichten », art.cit., p. 2.

³⁵ *Ibid.*, p. 3.

³⁶ *Ibid.*, p. 4.

³⁷ *Ibid.*, p. 11

³⁸ La formule est de Bernard Darras.

en amandes et les Asiatiques se font débrider les yeux. Tout le monde souhaite être métisse. Doit-on voir dans cet eugénisme conscient ou inconscient un mal inévitable de notre civilisation post-capitaliste ?

En observant ces images artistiques on peut conclure que cette beauté syncrétique, *random*, retouchée, digitale se prive du charme ou la grâce³⁹ du détail déviant, et passe finalement à côté du « mystère »⁴⁰ de la beauté. L'image artistique peut-elle contrecarrer le jeunisme effréné de l'image scientifique, freiner son obsession du progrès ?

³⁹ cf. « La grazia » (Agnolo Firenzuolo, *Delle bellezze delle donne*, 16^e s.), cité par Umberto Eco, *Storia della bellezza*, Milano, Bompiani, 2004, p. 217.

⁴⁰ François Cheng, *Cinq méditations sur la beauté*, Paris, Albin Michel, 2006, p. 14.

Pratiques sémiotiques et isocinétisme en MPR

Jean-Michel WIROTIUS
CeReS, Université de Limoges
Service de Médecine Physique et de
Réadaptation Centre Hospitalier Brive

Notre travail en sémiotique porte sur l'identification et la description dans la langue des systèmes de signification qui ont cours dans le champ du handicap et de la rééducation. « Handicap » et « rééducation » renvoient au sens commun et leur reconstruction dans un champ scientifique et sémiotique propose un long chemin à parcourir pour ceux qui en acceptent le défi. L'objectif est de décrire la sémiologie¹ en rééducation comme est décrite la sémiologie en cardiologie, en gastro-entérologie, dans tous les autres champs de la médecine. Il s'agit d'un travail exploratoire et nous proposons ici de rendre compte de l'application des premiers résultats de ces recherches sémiologiques sur un sujet singulier : l'isocinétisme. Ce choix de l'isocinétisme tient à ce qu'il s'agit d'une technique d'évaluation de la force musculaire utilisée en rééducation et d'une pratique d'imagerie. L'imagerie scientifique a été le thème des rencontres sémiotiques d'Urbino en Italie² lors de l'été 2007.

Notre lieu d'observation et d'études est constitué par les unités de Médecine Physique et de Réadaptation qui représentent le champ de la santé dédié aux soins des personnes handicapées. Le handicap est en pont entre deux champs de pratiques qui sont en France totalement disjoints sur les plans budgétaires et statutaires : le milieu de la santé (hôpitaux, cliniques, centres de rééducation, ...) et le milieu social.

¹ Le mot de « sémiologie » correspond ici non pas à une prise de position sur le couple sémiologie – sémiotique mais à l'usage commun du mot sémiologie en médecine pour décrire la « science des signes et des symptômes » utilisé dans le discours des professionnels de santé.

² Centro Internazionale di Semiotica e Linguistica. Università degli Studi di Urbino « Carlo BO ».

La singularité du champ du handicap par rapport à celui de la maladie est depuis 25 ans un thème développé par l'Organisation Mondiale de la Santé qui propose la mise en place d'une classification internationale des handicaps en parallèle à la classification internationale des maladies. La catégorie comme synonyme de sens³ nous invite à la recherche du parcours de la signification qui conduit du sensoriel au catégoriel. Pourtant si à la classification internationale des maladies correspond une « sémiologie » médicale écrite et enseignée, il n'y a encore rien de comparable pour le handicap. La « sémiologie » des handicaps est en construction, difficile à mettre en mots et décrite comme un discours du corps se déployant dans le temps et l'espace. Les premiers résultats de ces recherches permettent de contraster les deux registres de la maladie et du handicap sur le plan de la « sémiologie » et de questionner les propositions de catégorisation.

Nous proposons d'examiner du point de vue sémiotique ces pratiques qui médiatisent le corps dans le champ du handicap. Quelle place ont-ils, dans quels types de fonctions ont-ils leur place ? Et lorsqu'ils existent sont-ils inclus de façon complète dans la sémiotique du handicap.

C'est l'occasion d'analyser la question de l'imagerie de façon générale en MPR où les examens complémentaires restent marginaux par rapport au plan clinique, à l'observation du corps. En rééducation, la clinique reste reine par rapport aux examens complémentaires, radiographiques, biologiques, qui sont ici en retrait.

Pour illustrer cette approche de l'imagerie en MPR nous proposons une lecture des examens médicaux médiatisés (imagerie, etc.) selon les deux schémas sémiotiques, celui de la médecine et celui du handicap, celui de la sémiologie diagnostique qui permet l'accès à la catégorisation des maladies et celui de la sémiologie fonctionnelle qui donne accès au champ du handicap.

Nous centrons notre propos sur une technique d'évaluation du mouvement nommé l'isocinétisme. Le mouvement volontaire d'un bras, d'une jambe, du tronc est enregistré, via un dynamomètre assisté par ordinateur qui asservit la vitesse. L'action est lancée dans une intensité maximale et vient buter sur la vitesse contrainte imposée par le programme. Les résultats de ces efforts physiques maximaux sont proposés sous forme de chiffres, de courbes et de diagrammes. Est-ce de la « sémiologie » médicale allant vers la catégorisation en termes de maladie ? Est-ce de la « sémiologie » rééducative allant vers la catégorisation des handicaps ? L'isocinétisme est utilisée pour l'évaluation et elle est proposée comme technique de rééducation de la force musculaire déficiente.

³ Edeline F., Klinkenberg JM. : « Voir percevoir concevoir. Du sensoriel au catégoriel », in *Ateliers de sémiotique visuelle*, Hénault A. et Beyaert A., Paris, PUF, 2004, pp. 65-82.

Cette réflexion sur la pratique de l'isocinétisme est légitime car cette procédure d'analyse de la force musculaire est questionnée sur le plan de ses risques (mécanique, cardio-vasculaire) et des ses apports à la clinique des maladies comme à celle des handicaps, de sa justification médico-économique⁴. Est-elle sans risque et est-elle utile ?

L'isocinétisme est une technique très valorisée mais dont la légitimité est discutée. La sémiotique peut-elle aider à comprendre le ressenti de cette ambiguïté ? Cette pratique n'a pas de caractère indispensable : toutes les unités de MPR ne disposent pas de cette technique qui est très inégalement réparti dans les milieux professionnels.

L'isocinétisme est-elle en médecine (diagnostique, thérapeutique) ou en rééducation : l'approche sémiologique peut nous aider à faire la part des deux possibilités. Est-ce de la sémiologie médicale ou de la sémiologie rééducative ? L'analyse de l'isocinétisme doit se faire selon les deux principes, selon les deux sémiotiques professionnelles.

Quelle place a la sémiologie en isocinétisme : comment fonctionne la sémiologie « isocinétique » : est-elle de la sémiologie médicale, est-elle de la sémiologie MPR ? ou encore, est-elle ailleurs ?

1. La médecine physique et de réadaptation

Le développement dans les différents pays d'une approche médicale du handicap se construit avec difficulté dans le champ de la santé. Cette préoccupation du champ de la santé, du champ sanitaire, pour la question du handicap est assez récente et dans tous les pays et date de moins d'un siècle. Auparavant, la question du handicap était renvoyée à la solidarité, aux mécanismes d'entre-aide, à une gestion politique, mais la médecine n'avait pas de visée ni de prise sur ces questions.

En Italie, l'Université de Bologne va fêter le 50^e anniversaire de la formation des médecins spécialistes de ce domaine. Le 35^e congrès national de la SIMFER (Società Italiana di Medicina Fisica e Riabilitativa) s'est déroulé à San Benedetto del Tronto du 10 au 13 octobre 2007. En France cette spécialité a débuté sur le plan académique en mars 1968 avec la création de la chaire de rééducation motrice par André Grossiord.

⁴ C'est-à-dire : faut-il en proposer le remboursement par les assurances qui couvrent le risque maladie ?

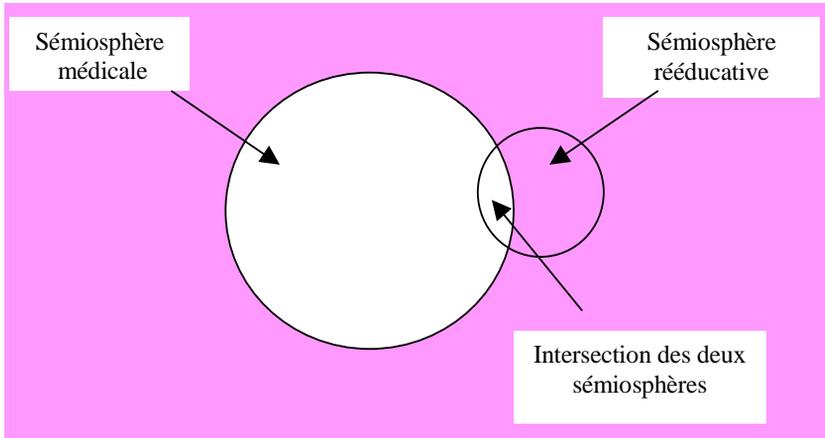


Figure 1 : Les deux sémiosphères⁵ médicale et rééducative et leur intersection

La singularité de la rééducation (de la MPR) est d’avoir un double système de signes à gérer : d’une part celui de la sémiologie médicale qui implique ses propres schémas diagnostiques et thérapeutiques et d’autre par la sémiologie rééducative qui est dans un autre champ d’application des soins.

SEMIOSPHERE MEDICALE	SEMIOSPHERE REEDUCATIVE
La forme du corps (dichotomie forme / contenu)	
Force (Travail)	Fonction
Faire	Faire-faire
Interventions	Activités
Limites	Seuils ⁶
Concession	Implication
Survenir	Parvenir

Tableau 1 : Les deux logiques des soins selon les deux sémiosphères médicales et rééducatives

⁵ Lotman Y., *La sémiosphère*, Limoges, Pulim, 1999.

⁶ Pour une analyse des notions de limites, seuil, concession, implication, survenir, parvenir, voir Zilberberg C : *Eléments de grammaire tensive*, Limoges, Pulim, 2006.

L'isocinétisme propose sa contribution dans le cadre de la logique médicale de la rééducation. Cette approche est centrée sur la « force » comme analyse puis comme réponse à une anomalie de la forme du corps. Cette forme est à concevoir dans sa permanence au moins immédiate avec son enveloppe et son aura. Cette technique isocinétique balance entre le « faire » (un intervenant est là pour faire cet enregistrement) et le « faire-faire » pour sa réalisation (c'est le sujet qui déployant sa force sur les incitations du professionnel réalise cette épreuve). L'intervenant, le professionnel « fait » l'examen, en ce sens que c'est lui qui maîtrise le calendrier, l'installation, la réalisation, les incitations pour faire produire au mieux les efforts durant le test, mais c'est le sujet qui fait l'action, qui déploie le mouvement. C'est lui qui développe au mieux sa force, en sachant qu'il fait partie de la philosophie du test que la marge de manœuvre du sujet acteur de l'effort soit réduite. Il doit faire au mieux de son possible sinon cela apparaît à l'enregistrement et l'interprétation sera celle d'une contribution imparfaite à l'examen.

La Figure met en scène la co-présence des schémas médicaux et rééducatifs avec l'imbrication des deux champs sémiotiques dans ce champ de la santé. La MPR, dans son image première, gère plutôt des pertes corporelles et elle est surtout présente dans le champ du manque, plutôt que dans celui des excès. Pour l'isocinétisme c'est le manque de force musculaire par exemple pour les muscles qui font l'extension et la flexion du genou. Dans le champ des excès, c'est par exemple les excès de troubles du comportement qui peuvent franchir des limites pour les équipes soignantes (une agitation excessive dans le contexte de lésions cérébrales ischémiques, traumatiques) et revenir alors dans les schémas médicaux. Les indicateurs les plus communs utilisés en MPR sont pertinents dans la zone des manques lorsqu'apparaît la nécessité de faire tout ou partie des actes à visée corporelle à la place du sujet. Le sujet a besoin d'aide pour se laver, pour manger, etc. Ce sont les indicateurs d'incapacités fonctionnelles utilisés de façon extensive en MPR dans le monde comme l'index de Barthel et la Mesure d'Indépendance Fonctionnelle. Les limites encadrent la zone clinique qui voit coexister le faire et le faire-faire chez un même sujet pour les activités de base de la vie quotidienne. A un bout de la chaîne, le sujet fait tout, tout seul (se laver, s'habiller, se déplacer, etc.) et à l'autre bout, le sujet ne fait rien tout seul. Cette dernière situation si elle est en nombre à un moment donné dans l'unité de soins (c'est-à-dire que de nombreux patients ont peu d'autonomie personnelle) et si elle est durable (avec une charge de travail majorée pour l'équipe soignante) va induire une demande d'intervention médicale pour exclure toute nouvelle entrée de sujets trop gravement handicapés dans le service d'hospitalisation.

2. L'imagerie en MPR parmi les examens complémentaires

La médecine sépare de façon commune les examens dits cliniques qui supposent la présence immédiate du corps (le corps est vu, entendu, touché, etc.) et les examens para cliniques qui médiatisent le corps. Ce sont par exemple, les examens radiologiques, et biologiques.

Ils sont utilisés en MPR dans la sémiosphère médicale et aussi dans la sémiosphère rééducative. C'est le cas du suivi lésionnel (la cause du handicap), des cascades lésionnelles (une première lésion en provoque une seconde, puis la seconde une troisième, etc.), des situations de rééducation où une technique vaut pour une médication, de la gestion des excès, et des analyses fonctionnelles de l'équilibre, de la marche, de la déglutition, de la miction, etc.

Les examens complémentaires sont sollicités pour le suivi :

A - des lésions corporelles (1) responsables du handicap, par exemple les lésions cérébrales ou osseuses, etc. (2) de leurs causes (un diabète, etc.), (3) pour la recherche de conséquences en cascades. C'est l'effet de spirale des conséquences négatives, par exemple une paralysie responsable d'une perte de mobilité et de sensibilité qui peuvent entraîner une escarre, une phlébite, une embolie pulmonaire) ;

B – des niveaux fonctionnels dans le cadre de la clinique ou dans celui de la recherche. Cinq fonctions sont analysées de façon usuelle en rééducation : (1) les fonctions fondamentales : les explorations concernent les fonctions dites fondamentales, comme la miction, la déglutition, la respiration, etc. ; (2) les fonctions motrices (marche, gestes, ...) ; (3) les fonctions cognitives (langage, mémoire, attention, ...) ; (4) les fonctions émotionnelles (humeur, etc.) ; (5) les fonctions sensorielles (vision, audition, etc.).

LES FONCTIONS	IMAGERIE	PHYSIOLOGIE	BIOLOGIE
F MOTRICES	++	++	+
F COGNITIVES	+	+	+
F FONDAMENTALES	+++	+++	+++
F EMOTIONNELLES			
F SENSORIELLES	+	++	

Tableau 3 : Les différentes fonctions en rééducation et l'importance des examens complémentaires notée de 1 (+) à 3 (+++)

[Les fonctions motrices : l'équilibre, la marche, les gestes, etc. ; les fonctions cognitives : mémoire, langage, attention, etc. ; les fonctions fondamentales : déglutition, miction, nutrition, etc. ; les fonctions émotionnelles : anxiété, dépression, etc. : les fonctions sensorielles : vision, audition, etc.].

C – De la biologie : les bilans sont le plus souvent des examens dits de base, ceux qui témoignent d'un suivi des constantes métaboliques, sanguines usuelles, mais sont aussi sollicités pour le champ nutritionnel, infectieux, endocrinien.

Cette panoplie d'examens est en toile de fond pour les schémas médicaux qui sont présents en rééducation, et de façon plus marginale pour les schémas rééducatifs.

3. La place des enregistrements de la force musculaire en rééducation

La « force » est l'un des emblèmes du champ de la rééducation. La récupération quantitative de la force musculaire est l'une des cibles communément attendue en rééducation pour compenser les manques physiques ressentis.

Pour celui qui voit son corps se modifier après un accident, une maladie et changer de « forme », le désir de récupérer les formes perdues en recourant à la force et à son déploiement dans le temps (le travail) est une approche souhaitée par les personnes soignées. La « fonte » musculaire, est une métaphore commune pour traduire cette modification perçue de l'enveloppe corporelle et son interprétation en termes de manques.

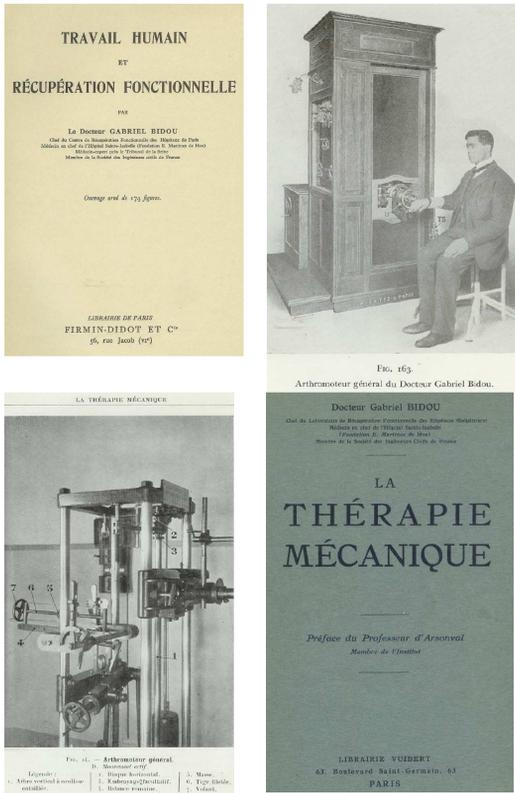


Figure 3 : Les origines des arthromoteurs en MPR⁸

L'usage d'une technique d'enregistrement de la force musculaire en rééducation n'est pas récent car la force est une donnée physique connue de longue date et qui offre un possible accès à la mesure. L'enregistrement instrumental de la force musculaire a donné lieu à des développements théoriques importants entre les deux guerres mais ces approches ont été marginalisées au profit des mesures cliniques. Le retour en grâce de ces matériels d'enregistrement est récent avec l'apparition de l'isocinétisme.

4. La technique isocinétique

L'isocinétisme est une technique de mesure de la force segmentaire et est aussi une technique de renforcement musculaire. Une sorte de tradition dans ce champ de la santé où les techniques d'amélioration de la force musculaire ont longtemps représentés l'essentiel des pratiques théorisées et

⁸ Wirotius JM., « Histoire de la rééducation », *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*, Elsevier, Paris, Médecine Physique - Réadaptation, 1999, 26-005-A-10, 25p.

enseignées. Cette pratique trouvait naturellement sa place dans les soins de rééducation. L'évaluation comme la récupération de la force musculaire sont des repères toujours à la surface des préoccupations communes de la réadaptation.

4.1 Des caractéristiques singulières :

L'isocinétisme est située dans la filiation des arthromoteurs qui ont été tour à tour dans l'histoire de la rééducation encensés puis décriés, puis de nouveau acceptés et valorisés, L'isocinétisme dont les débuts dans les années 60 sont attribués à James Perrine aux USA, va se développer en France à partir des années 80, avec un déploiement plus important depuis 15 ans. A Brive, nous l'utilisons depuis 1997.

L'isocinétisme fait craindre la survenue lors de l'examen de troubles cardio-vasculaires liés aux efforts courts mais violents réalisés lors des enregistrements. L'effort physique est maximal et se réalise le plus souvent en apnée dans une situation proche de la manœuvre dite de Valsalva⁹. Cette état modifie les paramètres tensionnels et rythmiques cardiaques. Cette technique est d'ailleurs pour certaines équipes de rééducation utilisée comme un équivalent d'une épreuve cardiaque d'effort¹⁰.

L'ensemble de l'appareil d'isocinétisme est constitué d'un siège, d'un dynamomètre et d'un ordinateur. Il nécessite par son encombrement une pièce dédiée, d'autant que l'intensité de l'effort suppose un volume d'air ambiant suffisant.

Les matériels sont des dynamomètres assistés par ordinateur qui enregistrent la force musculaire maximale d'un segment de membre. Le mouvement est bloqué à une vitesse articulaire prédéterminée par l'opérateur : le sujet cherche à rattraper la vitesse imposée et vient s'y caler pour poursuivre son mouvement.

Les courbes sont visualisées au moment de l'effort sur l'écran de l'ordinateur puis sont mémorisées et transférées secondairement sur papier.

⁹ La manœuvre de Valsalva consiste à effectuer une expiration forcée à glotte fermée pour rigidifier le tronc et faciliter les mouvements en force.

¹⁰ Yoon Tae-Sik, Jang Byung-Hong : Comparison of exercise indexes between repeated 1-leg knee extension-flexion exercise using isokinetic dynamometer and treadmill exercise. 2006 Academy Annual Assembly Abstracts. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation Medicine Vol 87, Nov 2006, E10.



Figure 4 : Le matériel d'isocinétisme avec l'assise et le dynamomètre assisté par ordinateur

4.2 Une image professionnelle favorable

L'isocinétisme est parée en rééducation de vertus favorables : elle est originaire des USA et a été valorisée à ses origines par son utilisation dans la recherche spatiale. Cette technique sera utilisée lors des missions Skylab (14 mai 1973 – 11 juillet 1979) et cette aventure spatiale liée à l'isocinétisme va concerner trois équipages de trois membres pour des missions de 28, 59 et 84 jours. Il s'agissait alors de mesurer le retentissement de l'apesanteur sur les fonctions motrices des astronautes après leur retour sur terre.

Elle utilise un support informatique et fournit des données chiffrées et des schémas dans un registre des soins, celui de la rééducation, orphelin sur le plan des mesures, des procédures d'évaluation.

Elle est coûteuse à l'achat et en temps nécessaire à sa mise en œuvre. Le coût n'est pas sans importance dans l'échelle des valeurs en médecine.

Elle est centrée sur la « force musculaire » emblème pour le sens commun des capacités fonctionnelles.

Cette technique qui associe une mesure de la force musculaire maximale et un type d'exercices musculaires bénéficie d'un intérêt particulier dans notre spécialité médicale : des livres, des revues, des articles lui sont consacrés. Il existe aussi des groupes de travail réunis en association avec des

rencontres régulières. La dynamique dans cette pratique est volontiers soutenue par les fabricants et revendeurs de matériels qui s'associent à des journées de formation.

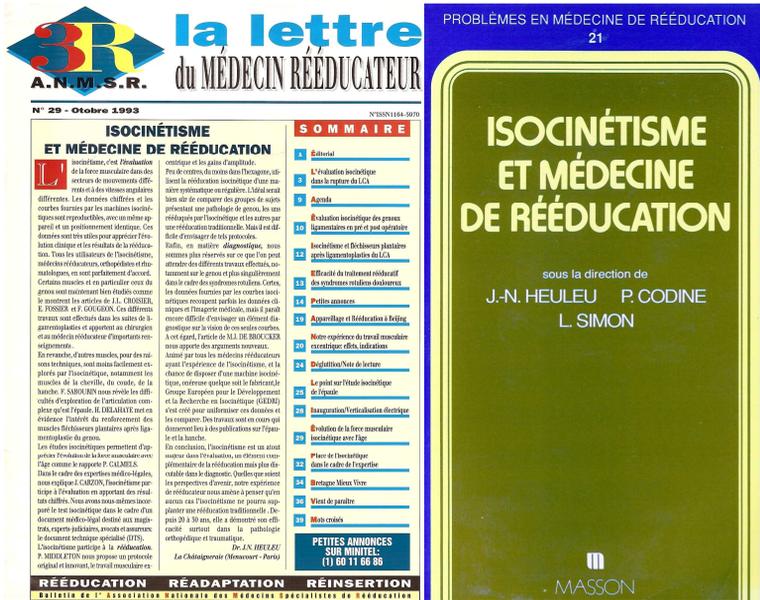


Figure 5 : Exemple de documents de synthèse sur l'isocinétisme en rééducation

Toutes ces considérations ont fait accepter cette technique en MPR avec un développement non négligeable dans les unités de soins en nombre de matériels installés. On estime le nombre de matériels isocinétiques dans les unités de MPR en France à plus de 200.

 LES APPAREILS D'ISOCINÉTISME EN ÉVALUATION ET EN RÉÉDUCATION MUSCULAIRE, INTERET ET UTILISATION FEVRIER 2001 Service évaluation des technologies Service évaluation économique	Tableau 2. Nombre d'appareils d'isocinétisme implantés en Europe.			
	Pays	Nombre de machines implantées	Population en millions d'habitants 1999*	Nombre de machines par million d'habitants
	Allemagne	1200-1500	82	14,6 – 18,29
	Angleterre	600-700	59,4	10,10 – 11,78
	Italie	500-600	57,7	8,66 – 10,40
	Scandinavie	220-290	24,18	9,10 – 11,99
	Hollande	180-220	15,8	11,39 – 13,92
	France	160-230	59,1	2,71 – 3,89
	Suisse	100-130	7,1	14,08 – 18,31
	Belgique	80-100	10,2	7,84 – 9,80
	Espagne	80-120	39,4	2,03 – 3,04
	Grèce	20-35	10,5	1,90 – 3,33
	Portugal	10-20	10	1 – 2

* Statistiques INED (Internat) ; Données fournies par les membres du groupe de travail

Figure 6 : Les matériels d'isocinétisme en 2001
 (Nombre d'appareils disponibles dans divers pays selon l'ANAES devenue l'HAS)

Les matériels d'isocinétisme sont répartis de façon inégale selon les pays et dans un même pays selon les régions. Ce matériel est considéré comme un atout de qualité mais dont on peut se passer au quotidien.

4.3 Des interrogations

Pourtant quelques points interrogent les professionnels :

- Il n'y a pas de normes reconnues pour un outil de mesures qui se veut rigoureux. Aucune référence à des chiffres normés dans une population de référence n'est disponible auprès des constructeurs.

- Le matériel reconnu comme très fiable et très solide a un devenir incertain sur le plan commercial. La marque principalement représentée en France a disparu dans l'une des tourmentes financières survenue USA ces dernières années.

- Les actes réalisés ne pouvaient recevoir de cotation de remboursement auprès des organismes de sécurité sociale. N'avaient-ils alors pas de valeurs ?

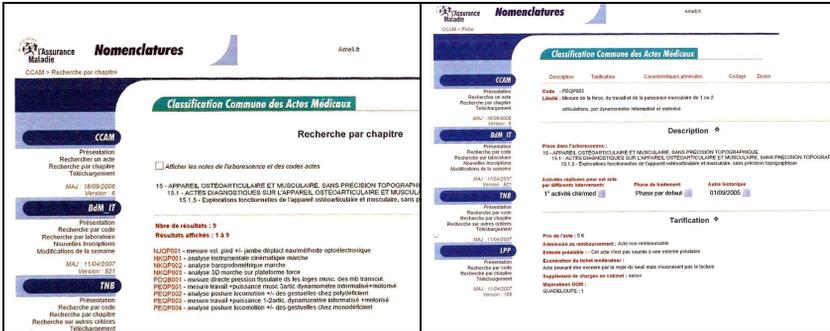


Figure 7 : La Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM)

Le bilan isocinétique est mentionné au niveau de la Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM) mais sans tarification. En pratique cela limite grandement ses possibilités de développement et témoigne du doute qui entoure l'intérêt de cette méthode d'évaluation et de renforcement musculaire. Cette classification est en constante évolution et rien n'est figé pour l'avenir.

4.4 La présentation graphique des résultats

Les résultats en isocinétisme sont présentés sur des documents imprimés avec des courbes, des histogrammes et des chiffres.

Le graphisme porte une part essentielle de l'information : les courbes sont lissées et ce sont les pics, les sommets qui disent l'importance des forces musculaires mises en jeu. L'essentiel de la lecture des résultats de l'isocinétisme est représenté par une courbe enveloppe qui pour une vitesse angulaire donnée représente la force maximale qui se déploie lors du mouvement. C'est ce que montre dans ses cadrans supérieurs gauche et droit la Figure 8.

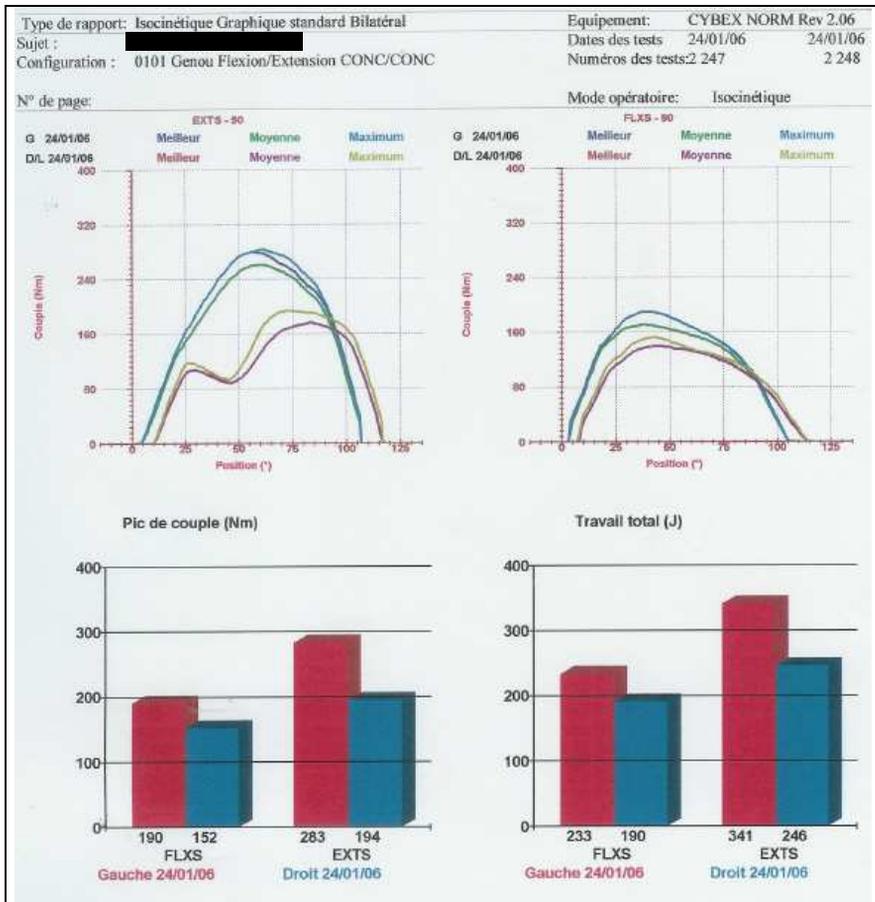


Figure 8 : Exemple de résultats graphiques d'un examen isocinétique du genou (en haut à gauche : l'extension du genou, en haut à droite : la flexion du genou)

Les différences intra-individuelles sont diverses : selon le moment de l'examen à un temps t1 puis plus tard à un moment t2, entre les côtés droit et gauche, entre les muscles agonistes et antagonistes, selon les vitesses angulaires imposées par la machine, selon la durée de l'épreuve (fatigabilité). Les différences inter-individuelles sont moins pertinentes en l'absence de normes et de correspondance complète entre les machines des divers fabricants. On note alors les grandes tendances avec une interprétation de l'examinateur en termes de gradations et non de limites.

Lorsque l'on filme un examen isocinétique du genou, on observe l'interaction homme - machine avec l'intervention stimulante des professionnels qui encouragent « vigoureusement » le sujet pour optimiser ses performances. Ces incitations vocales à aller au maximum de ses

possibilités, comme la rétroaction visuelle si la courbe qui se dessine sur l'écran de l'ordinateur est vue, ne sont pas présentes sur le document imprimé. Le document avec les résultats est la trace de l'expérience du moment de la passation mais l'expérience vécue et le document imprimé n'ont pas d'équivalence.

5. L'isocinétisme selon les sémiologies médicales et rééducatives

Nous avons analysé la pratique de l'isocinétisme selon le regard de la sémiologie des maladies (dite sémiologie médicale ou encore sémiologie diagnostique) ou celui de la sémiologie du handicap (rééducation). En effet cette pratique ne semble exister en pleine adhésion ni dans le champ de la médecine, ni dans le champ de la rééducation. Notre hypothèse est qu'elle n'est ni tout à fait de la sémiologie médicale, ni tout à fait de la sémiologie rééducative et que cette ambiguïté renvoie à ce positionnement encore incertain dans le champ de la santé. L'isocinétisme ne serait ni une technique totalement incluse dans les schémas médicaux, ni totalement incluse dans les schémas rééducatifs, ce qui pourrait expliquer son statut de technique identifiée, nommée mais non classée.

Cette approche qui enregistre des paramètres moteurs répond-elle aux schémas médicaux, c'est-à-dire donne-t-elle accès à des diagnostics appartenant à la Classification Internationale des Maladies, et ou cette technique est-elle dans le registre de la sémiologie rééducative et permet-elle d'éclairer le champ du handicap ?

Nous proposons de lire le positionnement de l'isocinétisme selon des critères qui opposent les deux types de sémiologie (médicale et rééducative) : (1) les unités signifiantes sont-elles des « signes » discontinus ou des plans gradués ? ; (2) le discours du corps est-il en jeu ? ; (3) la syntaxe modale a-t-elle une place essentielle ? ; (4) le schéma médical ou le schéma rééducatif (forme – fonction) est-il prédominant ; (5) la temporalité est-elle présente ?

5.1 Le continu et le discontinu

Les schémas médicaux fonctionnent sur la base de discontinuités, de signes discrets et de limites. Les schémas rééducatifs sont dans le registre du continu et des seuils (voir la Figure 2).

L'isocinétisme propose des oppositions graduelles en intra-sujet : l'opposition entre des valeurs avant – après, des valeurs entre côté gauche et côté droit, des valeurs entre muscles agonistes et antagonistes (par exemple entre des muscles assurant la flexion et les autres l'extension). Ce sont des valeurs graduées sans identification d'unités minimales élémentaires sans effet de limites. Tout au plus a-t-on comme limite inférieure, le fait de pouvoir développer une force suffisante pour mettre en jeu le dynamomètre. En cela l'isocinétisme semble relever d'une logique tensive et graduée et

alors être plus proche de la sémiologie rééducative que de la sémiologie médicale. Certaines (rares) discontinuités sont observables comme les ruptures de ligne (Figure8, voir le quadrant supérieur gauche) lorsque la vitesse du mouvement se trouve ralenti par une douleur sur une partie du mouvement comme dans les syndromes rotuliens au niveau du genou.

En isocinétisme, le sujet est sa propre référence. En effet, même si l'on retrouve des valeurs communes, des valeurs usuelles ou habituelles pour une équipe, elles n'ont pas valeur de normes et les fabricants de ces matériels ne proposent pas d'étalonnage. L'isocinétisme se réfère en pratique au quantitatif (mesurer une force maximale) plutôt qu'au qualitatif.

Ce qui fait sens est l'observation de différences de résultats pour un même sujet entre le côté droit et gauche, entre les ratios des muscles extenseurs et fléchisseurs, et dans une répétition des mesures dans le temps pour un même groupe musculaire. C'est ce que propose l'isocinétisme en traduisant la force musculaire en chiffres et en courbes, tant pour les pathologies neurologiques que pour les pathologies mécaniques.

5.2 La présence du corps

La sémiologie fonctionnelle conçoit le corps qui se déploie dans le temps et l'espace, comme un discours, là où la sémiologie diagnostique est un énoncé logique et intemporel.

Le support du sens pour le handicap est constitué pour l'essentiel du discours du corps alors que les techniques médiatisées par l'imagerie médicale, par les examens biologiques, ou dans l'exemple que nous proposons d'analyser ici, par l'isocinétisme qui rend compte via un dynamomètre informatisé des capacités motrices, sont marginales. Cette singularité de la rééducation est remarquée dans le monde de la santé dans une évolution médicale, devenue selon la formule de Didier Sicard¹¹, ancien Président du Comité Consultatif National d'Ethique pour les sciences de la vie et de la santé, « une médecine sans le corps ». Il faut entendre une médecine sans la médiation corporelle immédiate, sans la confrontation nécessaire au corps matière, alors que la rééducation conserve une sémiologie essentiellement alimentée par les perceptions sensorielles dans une présence.

Les différents modes d'expressions en rééducation sont visuels, auditifs, olfactifs, gestuels, etc. La principale modalité est visuelle mais le corps est regardé, écouté, touché, senti, et c'est la totalité des sensations qui construit les significations en rééducation. Ces modes d'expression sont synchroniques dans le sens où ils « délivrent simultanément un seul ensemble de significations¹² ».

¹¹ Sicard D., *La médecine sans le corps*, Paris, Plon, 2002.

¹² Bertrand D., *Sémiotique littéraire*, in *Questions Sémiotiques*, A Hénault dir., Paris, PUF, 2002.

L'isocinétisme est très peu dépendante du contexte. Au contraire, on insiste sur sa grande reproductibilité. Le document imprimé peut prendre sens sans le sujet, même dans une version figée. Ici, pour l'isocinétisme, la présence du corps comme élément décisif de la sémiologie MPR n'est pas nécessaire. Les données sont médiatisées par les courbes et les chiffres, mais restent loin de la fonction. Nous sommes ici davantage dans le champ de la sémiologie médicale, dans un registre à priori décontextualisé qui pourra être reproduit de façon identique à un autre moment tout en permettant une comparaison.

5.3. La catégorisation

Notre propos concerne le handicap lorsque l'on contraste le handicap à la maladie. La maladie permet une autonomie d'analyse, de catégorisation. Le handicap ne peut se définir sans la maladie et reprend de fait dans son discours usuel les catégorisations médicales.

L'isocinétisme au niveau lésionnel a peu de place ou une place marginale. Il n'apporte rien dans les phases aiguës des affections traumatiques où l'examen est même contre indiqué, et de fait peu fiable lorsque des douleurs entravent la réalisation complète du mouvement. Il s'agit d'une technique réalisée à froid, loin de la pathologie aiguë. A distance d'un accident, il peut montrer des images évoquant un syndrome rotulien, mais il n'a pas de rôle dans le bilan lésionnel articulaire ou périarticulaire. Ainsi, au niveau des décisions thérapeutiques, l'isocinétisme n'a pas de positionnement dans le diagnostic des lésions osseuses, cartilagineuses, musculaires et n'apporte rien en termes de classification des maladies. L'isocinétisme n'intervient ni dans la nosographie, ni dans la nosologie. Il ne donne accès à une catégorisation ni en médecine, ni en MPR.

La prise de décision thérapeutique peut être modifiée par l'isocinétisme, mais de façon assez contingente. Elle intervient par exemple comme un élément de décision pour la date de reprise du sport, pour gérer le temps dans les soins en rééducation. Mais globalement, l'isocinétisme en médecine a peu de prise sur les décisions thérapeutiques.

L'isocinétisme intervient au niveau pronostic, c'est un champ essentiel et présenté comme tel : la mise en évidence d'altérations persistantes des performances correspondrait à une prise de risque en cas de retour aux activités sportives. Ceci a été en particulier étudié chez le footballeur.

Ainsi, le rôle dans la catégorisation des maladies est modeste. En effet, elle ne participe pas au diagnostic des affections de l'appareil locomoteur et elle est inutilisable dans les phases initiales de ces affections en raison des phénomènes douloureux. Dans la sémiologie en rééducation, c'est-à-dire dans la sémiologie fonctionnelle, le rôle de cette technique reste marginal.

5.4 Le schéma médical vs le schéma rééducatif

Les deux sémiologies médicale et rééducative, tout comme les deux schémas de soins qui leur correspondent, coexistent en MPR. Si la qualification en rééducation est toujours liée à la « forme » du corps, ensuite selon le schéma, vient s'associer la force ou la fonction. Dans le schéma médical la forme est associée à la force et au travail, et dans le schéma rééducatif la forme est associée à la fonction.

L'isocinétisme se situe dans le champ d'intersection des sémiosphères médicales et rééducatives.

Pour le schéma médical, l'isocinétisme renseigne sur la force et le travail musculaire. La forme de la courbe est métaphorique de la forme du muscle. Plus le muscle a de la puissance, plus la courbe est ample. L'isocinétisme, outre sa dimension d'évaluation, est utilisée comme technique de rééducation. La réponse à un déficit de force musculaire dans le schéma médical correspond à des « interventions » de renforcement. La technique isocinétique est alors une intervention proposée qui vaut comme une médication (intervention vs activité) qui va agir sur des symptômes et proposer une normalisation des difficultés via l'amélioration de la force segmentaire.

Au niveau des schémas rééducatifs, nous passons de la forme à la fonction, et non plus comme dans le schéma médical de la forme à la force.

La fonction est l'emblème de la rééducation, le lieu qui uniformise le consensus des professionnels. Tous s'accordent pour dire que la fonction est l'objectif qui justifie les projets de soins en rééducation. Or, l'isocinétisme reste loin de la fonction. Au niveau de la fonction, l'isocinétisme ne fournit pas d'informations : le sujet peut-il courir, sauter, porter une charge ? Cet examen ne peut apporter de réponse. Un progrès en force ne dit rien d'un transfert de ces modifications dans le champ de la fonction. La valeur prédictive de l'isocinétisme par rapport aux capacités fonctionnelles d'un sujet reste très discutée.

Les livres de synthèse de la spécialité de Médecine Physique et de Réadaptation aux USA indexent volontiers l'isocinétisme mais cela se limite à quelques lignes volontiers critiques : « il est important de reconnaître que la contraction isocinétique ne se produit pas dans la vraie vie, ce qui fait que l'extrapolation des données de l'isocinétisme vers les situations cliniques est assez limitée¹³ »

¹³ Young JL, Casazza BA, Press JM, « The physiatric approach to sport medicine », in JA DeLisa, BM Gans, *Rehabilitation Medicine : Principle and Practice*, Third Edition. Lippincott – Raven Publishers, Philadelphia, 1998 : 1602.

	Auteur	Titre	An	P total	Pages	In	L
1	RUSK	Rehabilitation Medicine (3 ed)	1971	687	87-88	1	20
2	FARD	Physical Medicine and Rehabilitation	1971	161	-	0	0
3	GROSSIORD	Médecine de Rééducation	1981	813	-	0	0
4	KOOTKE	Krusen's Handbook of PMR (4 ed)	1990	1323	513-516	0	84
5	GARRISON	Handbook of PMR basics	1995	452	385	0	2
6	O'YOUNG	PMR secrets (1 ed)	1997	602	390, 514-515	2	11
7	HELD-DIZIEN	Traité de MPR	1998	860	179-180	0	43
8	TAN	Practical manual of MPR	1998	830	165	0	16
9	DELISA	Rehabilitation Medicine	1998	1822	698, 723, 1602	3	40
10	GRABOIS	Physical Medicine and Rehabilitation	2000	2002	488	1	5
11	LENNARD	PMR Pearls	2001	214	-	0	0
12	GONZALEZ	Physiological basis of Rehabilitation Medicine	2001	890	380, 387	2	29
13	BRAMMER	Manual of PMR	2002	510	-	0	0
14	O'YOUNG	PMR secrets (2 ed)	2002	626	489	0	6
15	FRONTERA	Essentials of PMR	2002	836	-	0	0
16	SILVER	Essentials of PMR	2003	346	-	0	0
17	CHOI	Physical Medicine and Rehabilitation	2003	134	58	1	10
18	BRADDOM	Handbook of PMR	2004	995	404-406	0	53
19	BRADDOM	Handbook of PMR (Pocket)	2004	995	271	1	13
20	CUCCURULLO	PMR, Board Review	2004	848	572	1	5
	TOTAL			15946		12	337

Tableau 4 : L'isocinétisme dans les livres de MPR

[An : année de parution ; P total : nombre total de pages de l'ouvrage ; Pages : numérotation des pages du livre consacrées à l'isocinétisme ; In : indexation de l'isocinétisme en nombre d'entrées ; L : nombre de lignes de l'ouvrage consacrées à l'isocinétisme ; PMR : Physical Medicine and Rehabilitation – MPR : Médecine Physique et de Réadaptation ; Les ouvrages sont présentés selon leur année de parution, et les deux traités français sont surlignés]

Dans cette référence première à la force c'est vers le schéma médical (qui est celui aussi du sens commun) que l'on s'oriente, et l'on sait que le schéma rééducatif privilégie la fonction qui ici n'est pas représentée de façon explicite. L'isocinétisme se place du côté du couple forme – force (travail) et non du côté du couple forme - fonction.

L'isocinétisme appartient de fait aux schémas médicaux de la rééducation. D'où sans doute son fort impact auprès des professionnels avec une image beaucoup plus favorable que son utilité supposée au quotidien.

5.5 La syntaxe modale

L'importance de la syntaxe modale est un des éléments clés de la sémiologie en MPR. En médecine on « fait », c'est le faire qui domine, en MPR on « fait faire », c'est le factitif qui est essentiel.

La syntaxe modale en isocinétisme que nous limitons ici au faire est un mélange du faire et du faire-faire. Il y a bien à « faire » un examen isocinétique, mais il convient aussi de faire-faire. Il y a un faire technique pour celui qui pilote l'examen et aussi il convient de faire-faire au sujet une performance optimale.

Ainsi pour ce chapitre sur les modalités, l'isocinétisme, est partagée et se situe sur les deux tableaux : il y a du faire (faire pragmatique), et du factitif, du faire faire.

5.6 La temporalité

La temporalité sépare de façon décisive les deux contextes sémiotiques. Du côté médical, le temps est une valeur absente ou négative, pour la MPR le temps est réinvesti comme une valeur première. Le temps en rééducation est essentiel pour définir le handicap, la sémiologie en MPR et pour la conception des soins.

En isocinétisme, l'examen est réalisé par exemple pour les lésions ligamentaires du genou lorsque cela est possible sur le plan mécanique, c'est-à-dire en pratique au moins après 3 mois d'évolution après la blessure. La temporalité intervient dans le moment où l'examen est proposé. C'est alors la référence au temps de la maladie, au temps médical.

Le temps apparaît aussi comme le temps du corps, comme un temps rééducatif, lorsqu'à distance d'un accident, l'examen permet de différer la reprise d'une activité sportive.

Le temps pour l'isocinétisme est le temps de la maladie (médecine), mais aussi le temps du corps (rééducation).

L'analyse de ces six paramètres laisse le débat ouvert. (1) Pour les schémas médicaux : sur le plan diagnostique l'isocinétisme est très peu pertinent, mais il a une place meilleure dans ses capacités à traduire dans des chiffres et des courbes la force musculaire, dans des possibilités pronostiques, dans le renforcement musculaire. On aboutit à des signes

stables indépendants du contexte mais pour autant ne contribuant pas à la Classification Internationale des Maladies. (2) Pour les schémas rééducatifs, l'isocinétisme propose une analyse graduée des manques de force, introduit un faire-faire et met en scène une temporalité immédiate et différée. Mais il lui manque un lien fort et consensuel avec la fonction.

Conclusions

L'isocinétisme est une technique de mesure graduée de la force musculaire en rééducation. Cette méthode d'évaluation possède une forte identité car elle porte des valeurs reconnues par les professionnels (ses origines liées à la conquête spatiales, ses rapports à la force, ses aptitudes métrologiques, son coût, son interface informatique, etc.) et elle est directement acceptable par le public par son positionnement dans le sens commun des attentes via le schéma d'une réponse par la force à une modification de la forme du corps.

Pourtant son positionnement reste en retrait, car si sa dimension iconique est incontestable, comme image de modernité, de valorisation des effecteurs musculaires, sa place opérationnelle sur le versant professionnel est plus incertaine.

L'analyse montre que la sémiologie de l'isocinétisme n'est ni tout à fait de la sémiologie médicale car son apport à la sémiologie diagnostique est modeste, ni tout à fait de la sémiologie rééducative car ses relations à la fonction sont floues et contestées. Mais l'isocinétisme, par cette place à cheval sur la sémiologie diagnostique et la sémiologie fonctionnelle, tire son avantage de plaire et d'avoir du sens en médecine comme en rééducation. Ainsi à cette ambiguïté correspond un atout et une faiblesse de n'être ni tout à fait de la médecine, ni tout à fait de la rééducation.

L'analyse sémiotique montre son intérêt pour éclairer un débat où la question du sens est volontiers évacuée au profit de considérations économiques et rhétoriques. Ainsi pouvons-nous comprendre que face à cette situation floue, à ce statut sémiologique hybride, l'isocinétisme ait une reconnaissance incomplète et soit encore en quête d'une légitimité professionnelle plus affirmée.

Visible est une revue de sémiotique visuelle mise en place par le CeReS (Centre de recherches sémiotique) de l'Université de Limoges. Après avoir retracé les étapes de la réflexion relative à *l'Hétérogénéité du visuel* développée par un groupe de chercheurs européens, elle se consacre aux recherches menées dans le cadre d'un projet ANR *Images et dispositifs de visualisation scientifique* (2008-2010).

Ce programme ambitieux initie une relation entre la sémiotique et les sciences dites dures pour cerner les statuts, les genres et les rhétoriques qui caractérisent ces images. Ce numéro dédié aux actes du colloque du Centre international de sémiotique d'Urbino (2007) est le premier pas de cette nouvelle recherche collective.



9 782842 875053

ISBN : 978-2-84287-505-3

ISSN : 1778-042X

25 €