

**V I
S I
B L E**

**IMAGES &
DISPOSITIFS**

**DE
VISUALISATION
SCIENTIFIQUES**

2011 n°8

8.

Définir l'image scientifique

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 aussi 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 huitième numéro de *Visible*

Avec ce numéro dirigé par Catherine Allamel-Raffin et Amirouche Moktefi (IRIST, Université de Strasbourg), *Visible* poursuit le cycle consacré aux recherches entreprises dans le cadre de l'ANR *Images et dispositifs de visualisation scientifiques* (2008-2010). Pour ce programme qui confronte la sémiotique aux sciences dites dures, le groupe de chercheurs constitué pour le programme précédent (les universités de Liège et Venise rassemblées 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. Ce huitième numéro est consacré aux journées d'étude de Strasbourg (4-5 juin 2009). 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.

Numéro préparé par

Catherine ALLAMEL-RAFFIN
et Amirouche MOKTEFI
IRIST, Université de Strasbourg

8.

Définir l'image scientifique



La collection *Visible* « L'hétérogénéité du visuel »

n°1, *La diversité sensible* (2005)

dirigé par Anne Beyaert-Geslin et Nanta Novello-Paglianti

n°2, *Syncrétismes* (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

n° 6, *Techniques de transformation, transformation des techniques*

dirigé par Maria Giulia Dondero et Audrey Moutat

n°7, *Camoufler l'invisible, exhiber l'invisible*

dirigé par Alvise MATtozzi

n° 8, *Définir l'image scientifique*

dirigé par Catherine ALLAMEL-RAFFIN et Amirouche MOKTEFI

© Presses Universitaires de Limoges, 2012
39^C, rue Camille Guérin – 87031 Limoges cedex – France
Tél : 05.55.01.95.35 – Fax : 05.55.43.56.29

E-mail : pulim@unilim.fr

<http://pulim.unilim.fr>

Préface : Définir l'Image Scientifique

Catherine ALLAMEL-RAFFIN
Amirouche MOKTEFI
Université de Strasbourg

« Image scientifique : tout ce qui n'est pas textuel dans un texte scientifique ». Cette définition est susceptible de constituer un point de départ minimal sur lequel pourraient s'accorder sémioticiens, philosophes des sciences, historiens des sciences, ainsi que les producteurs de ces images, qu'ils soient mathématiciens, physiciens, chimistes, biologistes, etc. Mais cette définition privative, même si elle a pour atout d'inclure la grande variété des formats de représentation qui caractérise les images scientifiques (schémas, micrographies, histogrammes, images de simulation, etc.), semble bien insuffisante. En effet, elle ne rend pas compte de certaines caractéristiques essentielles de ces images: leur réalisation suppose le recours à des instruments et à des processus qui conditionnent leurs composants (couleurs, formes, textures) et délimitent leurs fonctions ; les visées qu'on leur assigne jouent un rôle capital dans la forme finale qu'elles revêtent. De surcroît, cette définition semble prendre acte d'une coupure radicale entre le format textuel et le format visuel, ce qui reste sans doute à interroger dans le cas des images scientifiques.

Lorsqu'on se livre à un rapide état des lieux des travaux existants, et qu'on les aborde à la lumière des relevés que l'on peut établir par ailleurs quant aux usages du mot « image » dans les laboratoires des sciences de la nature, on constate qu'un flou définitoire domine. Celui-ci engendre de nombreux malentendus non seulement entre chercheurs provenant de disciplines différentes, mais également entre chercheurs d'une même discipline. L'ambition centrale de ce volume est donc avant tout de constituer un essai de clarification en la matière. Pour cela, nous avons souhaité rassembler autour de plusieurs axes à la fois des analyses conceptuelles et des études de cas portant sur les images au sein de disciplines scientifiques déterminées. Ces axes sont les suivants :

- 1) Est-il souhaitable de définir le concept d'image scientifique ? Peut-on seulement, et le cas échéant, doit-on chercher à élaborer une définition qui soit commune à toutes les disciplines qui se donnent pour finalité d'étudier ce type de production ? Par ailleurs, quels rapports peut-on établir entre les propositions de définition ainsi formulées et les typologies spontanées élaborées par les scientifiques eux-mêmes ?
- 2) Dans le cadre du travail de définition, quels sont les traits différentiels qui permettent de saisir ce qui fait la spécificité des images scientifiques par rapport aux images appartenant à d'autres domaines de l'inventivité et de la créativité humaines ?
- 3) Peut-on établir une frontière nette entre ce qui relève du textuel et ce qui relève du visuel ? Si la question a déjà été traitée à propos des images publicitaires ou journalistiques, qu'en est-il dès lors que l'objet d'étude spécifique est constitué par les images scientifiques ?
- 4) En amont de ces lignes de questionnement, il sera probablement nécessaire de s'interroger sur ce que l'on entend par « définir ». Est-il envisageable, en l'occurrence, d'élaborer une définition en termes de conditions nécessaires et suffisantes ? Doit-on au contraire se tourner vers le concept d'air de famille de Wittgenstein et chercher à dégager les analogies qui permettent de subsumer les différents formats d'image scientifique sous un même concept ?

C'est à ces questions que nous avons consacré le colloque dont le présent volume rassemble les travaux. Ce colloque ayant pris pour objet de réflexion la définition de l'image scientifique s'est déroulé les 4 et 5 juin 2009 à la Maison Interuniversitaire des Sciences de l'Homme - Alsace, à Strasbourg. L'évènement s'inscrivait dans le cadre du projet « *IDiViS : Images et dispositifs de visualisation scientifiques* » (ANR 2008-2010) piloté par Anne Beyaert-Geslin et du projet « Étude comparée des images produites dans les sciences physiques et dans les sciences de la vie » (Conseil scientifique de l'ULP – Strasbourg 1, 2006-2009) piloté par Catherine Allamel-Raffin. Nous souhaitons remercier les personnes qui ont contribué à l'organisation de ce colloque et à la réalisation de ce volume, notamment Anne Beyaert-Geslin, Jean-Luc Gangloff, Agnès Pajot, et l'ensemble des participants au colloque et des auteurs de ce volume.

Biographie

Catherine Allamel-Raffin est maître de conférences en épistémologie et histoire des sciences et des techniques à l'Université de Strasbourg. Elle est membre, au sein de cette université, du laboratoire IRIST (Institut de Recherches Interdisciplinaires sur les Sciences et la Technologie - EA 3424). Elle a participé aux travaux réalisés dans le cadre de l'ANR IDiViS pilotée par Anne Beyaert-Geslin. Ses recherches portent d'une part sur les images en astrophysique, en physique des matériaux et en pharmacologie, et d'autre part sur les pratiques expérimentales dans les sciences de la nature. Elle a

Définir l'image scientifique

récemment publié : « The meaning of a scientific image: case study in nanoscience. A semiotic approach », *Nanoethics*, vol. 5, n° 2, 2011, pp. 165-173; « L'image comme élément de preuve en astrophysique », *Nouveaux actes sémiotiques*, n°114, 2011; « Camouflage et hiérarchisation des données: quelques exemples pris dans les sciences de la nature », *Visible*, n°7, 2010, pp. 119-140; « Objectivité et images scientifiques: une perspective sémiotique », *Visible* n° 6, 2010, pp. 3-31. Catherine Allamel-Raffin a également coordonné un numéro de *Protée* en 2009, « Regards croisés sur les images scientifiques ». Dans le cadre de ce numéro, elle a rédigé un article intitulé : « L'apport d'une perspective génétique à l'analyse des images scientifiques », *Protée*, 37/3, 2009, pp. 19-32.

Amirouche Moktefi est chercheur associé à l'Institut de Recherches Interdisciplinaires sur les Sciences et la Technologie (3424, Université de Strasbourg) et au Laboratoire d'Histoire des Sciences et de Philosophie Archives Henri Poincaré (UMR 7117 CNRS/Nancy-Université). Ses travaux de recherche portent essentiellement sur l'histoire des sciences formelles, le raisonnement diagrammatique, et la communication scientifique. Ses publications récentes incluent : « One more class: Martin Gardner and logic diagrams » (avec A. W. F. Edwards), in Mark Burstein (ed.), *A Bouquet for the Gardener*, New York: LCSNA, 2011, pp. 160-174; « La face cachée des diagrammes d'Euler », *Visible*, n° 7, 2010, pp. 149-157; « Depicting negation in diagrammatic logic: legacy and prospects » (avec Fabien Schang), in Gem Stapleton, John Howse & John Lee (eds.), *Diagrammatic Representation and Inference*, Berlin - Heidelberg: Springer, 2008, pp. 236-241; et « Lewis Carroll's logic », in Dov M. Gabbay & John Woods (eds.), *The Handbook of the History of Logic*, vol. 4: *British Logic in the Nineteenth-Century*, Amsterdam: North-Holland (Elsevier), 2008, pp. 457-505.

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

Sémir BADIR

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

Résumé : Dans *Visible 5*, j'ai présenté une étude où un schéma extrait d'une revue de vulgarisation scientifique a été mis en regard de ses paraphrases verbales, obtenues par questionnaire dans un milieu scolaire. Je propose aujourd'hui le chemin inverse, soit la confrontation d'un énoncé verbal (qui aurait convenu comme paraphrase du schéma initial) avec ses représentations visuelles, obtenues suivant un procédé identique à celui de la première étude. Les questions qui sont soulevées à l'occasion de cet exercice de transcoding concernent la capacité d'analyse des images, les spécificités de leur visée métalinguistique, ainsi que leur fonction dans une argumentation de type scientifique.

Abstract: In *Visible 5*, I presented a study where a graphic scheme taken from a science magazine was compared to his verbal paraphrases, obtained by questionnaire in a high school. Today, I propose the opposite, *i.e.* the confrontation of a verbal statement (which would be a valuable paraphrase of the original scheme) with its visual representations, obtained by a process identical to that of the first study.

The issues raised from this transcoding exercise relate to the capability of analysis by images, referred to the specifics of their metalinguistic skill and their function in a scientific argument.

Dans *Visible 5* est paru un premier volet d'étude intitulé « Le statut sémiotique de l'image. Rapport d'expérience sur l'intersémiotique dans le discours scientifique ». On y menait l'analyse sémantique et morphologique de textes obtenus à l'occasion d'un test mené en milieu scolaire auprès d'une cinquantaine d'élèves du secondaire. Ce test a consisté à demander à chaque élève de décrire, en une phrase, un schéma issu d'une revue de vulgarisation scientifique. Les conclusions de cette analyse ont été précédemment présentées à Urbino lors du colloque inaugurant le projet collectif de

recherche sur les images scientifiques, après lesquelles, Jean-François Bordron a fait remarquer qu'elles demandaient à être confirmées par l'expérience inverse, à savoir une expérience de transcription de langage verbal en langage visuel. C'est à suivre cette suggestion que s'applique la présente étude, le test précédent ayant produit des résultats qui réclament en effet une confirmation.

Protocole et objectif de l'expérience

Ce second test a été mené dans des conditions très proches du précédent, à savoir auprès d'une cinquantaine d'élèves de 17 ans au sein de deux classes mixtes bruxelloises¹. Le test s'est déroulé par écrit, sans le soutien de commentaires oraux, et a duré un quart d'heure. Le formulaire du test était composé de deux phrases d'instruction et d'un énoncé objet (ou *texte source*) inscrites sur un feuillet A5. Voici comment il se présentait :

Faites un schéma pour représenter l'énoncé suivant :
Un ensemble de cellules hétérogène se transforme en un ensemble de cellules homogène par l'action d'éléments extérieurs.
N'utilisez que des flèches et des formes géométriques simples, hachurées ou non.

Fig. 1 : Questionnaire du test

La seconde phrase d'instruction a été introduite afin de désambiguïser le mot *schéma*. Elle a donc un caractère métalinguistique évident. Mais c'est déjà le cas de la première phrase d'instruction. Le caractère métalinguistique des instructions paraît inévitable, tant à l'égard du schéma que de l'énoncé verbal. Ainsi, plusieurs rapports métalinguistiques sont imbriqués dans ce formulaire : (i) l'image est dite *représenter* un énoncé, ce qui la dote d'un contenu métalinguistique explicite (si toutefois on convient que le métalangage, dans une acception large, rassemble tout commentaire *sur*) ; (ii) les phrases d'instruction ont un contenu métalinguistique implicite, marqué par des connecteurs (*l'énoncé suivant*) et engrangeant des isotopies ordonnées (*schéma = flèches & formes géométriques simples + hachures*).

¹ Je saisis l'occasion de remercier Rossano Rosi et les élèves de l'école Saint-Dominique à Schaerbeek qui ont bien voulu se prêter à ce test de leur collaboration.

Le statut sémiotique de l'image

Le formulaire implique ainsi la présentation minimale d'un rapport polysémiotique et intersémiotique entre le verbal et le visuel.

L'énoncé objet a été forgé pour le test. Deux réquisits ont instruit son invention : d'une part, il fallait qu'il soit conforme aux résultats de l'analyse sémantique du premier test (d'où, notamment, la référence au domaine de la biologie moléculaire); d'autre part, il devait être d'un niveau de compréhension aisé. Sur ce second point, nous avons failli à notre intention, car les termes *homogène* et *hétérogène* ont visiblement fait difficulté pour certains élèves ; l'analyse de leurs hésitations s'avère cependant l'un des points les plus intéressants.

Les réponses obtenues sont fournies en annexe ; on y renverra dans l'analyse par des numéros mis entre crochets. Par souci d'économie, les feuillets de réponse n'ont pas été reproduits intégralement mais uniquement circonscrits aux schémas dessinés. Plusieurs éléments matériels en sont escamotés : la taille des dessins, leur emplacement par rapport aux phrases du formulaire, les couleurs utilisées. Il ne nous a pas semblé cependant que ces caractéristiques liées au média et aux instruments utilisés devaient avoir une incidence sur l'analyse sémantique.

Au terme de cette analyse, deux ordres de comparaison interviennent successivement : dans un premier temps, la comparaison s'est portée sur les différentes réponses obtenues au cours du test ; dans un second temps, une comparaison sera menée entre les résultats généraux de ce test et les résultats du test précédent (recueillis dans l'étude parue dans *Visible 5*).

Ce que l'on veut tester est le statut sémiotique de l'image. Pour ce faire, on établit une situation polysémiotique et l'on teste s'il y a une intersémiotique, c'est-à-dire si l'on a à la fois quelque chose de commun et quelque chose de dissemblable. Si c'est le cas, le statut sémiotique de l'image est confirmé. Si ce n'est pas le cas, l'image peut être considérée ou bien comme un système symbolique pur (thèse de la transparence pure de l'image, qui reste la mieux établie dans les milieux des sciences logico-physiques) ou bien comme un objet non systématisable (thèse de l'opacité pure de l'image, qui connaît encore des partisans parmi les théories esthétiques). Pour que le test soit concluant, il ne suffit pas de constater des variantes entre les schémas des objets mis en présence ; il faut que les différences constatées soient significatives (du point de vue de l'analyse du plan de contenu) et qu'elles ne puissent être imputées à l'équivocité du texte source. Ce dernier point devra être discuté à plusieurs reprises et connaît des répercussions théoriques majeures, puisque pour les logiciens² la langue ordinaire *est*, dans l'ensemble de ses usages, équivoque. À quoi il faut commencer par objecter que l'équivocité supposée d'un énoncé ne devrait en tout cas pas entraîner nécessairement d'équivocité dans le système linguistique qui en rend compte.

² Voyez par exemple, dans le *Tractatus*, § 4.002 : « La langue déguise la pensée » (Wittgenstein 1993 : 50).

Résultats d'analyse

Nous procédons par comparaison en partant d'éléments du texte source et en observant des variantes que leur interprétation a suscité dans les schémas produits par les élèves.

Hétérogène

Le qualificatif a été ordinairement porté sur une figure globale. Certains élèves l'ont néanmoins fait porter sur les éléments de cette figure, par exemple dans le schéma [38]. On peut rendre compte de ces cas par une interprétation d'un rapport de la qualification d'*hétérogène* à *cellules* et non à *ensemble*. La question de la légitimité de ces variantes se pose eu égard aux marques de la concordance syntaxique : la règle grammaticale suppose qu'*hétérogène* ne puisse porter que sur *ensemble*. Mais la règle grammaticale ne précise pas comment un ensemble peut être hétérogène et n'interdit pas de penser que l'on se trouve devant une synecdoque d'usage, comme dans les syntagmes *une population blanche de dix mille individus* ou *un groupe de militants désuni*. Dès lors, ces variantes, quoique minoritaires, ne peuvent être écartées ; elles montrent que le langage visuel oblige à préciser sur quel sémème exactement porte la qualification d'hétérogénéité, et que le procédé synecdochique, tel que la langue l'accueille dans ses usages les plus répandus, ne saurait y être de mise.

Transformation d'un ensemble hétérogène en un ensemble homogène

Le processus de transformation a été diversement interprété. Il peut conduire à une substitution totale d'un ensemble en un autre ; et il est alors incident que l'un des ensembles soit hétérogène et l'autre homogène, comme c'est le cas dans le schéma [6]. Ou bien la transformation est interprétée comme une substitution partielle, et c'est alors l'hétérogénéité même du premier ensemble qui est visée par l'opération de substitution, comme on le voit à l'œuvre dans le schéma [4]. Sans doute on admettra que la seconde solution graphique est plus judicieuse que la première. Mais ce qu'il importe de noter est que, dans le langage visuel des graphiques, il y a une nécessité à faire un choix entre les deux solutions — substitution totale ou substitution partielle — alors que *transformation* les laisse indissociées. Et l'on ne voudra pas dire, avec les logiciens, que la raison d'une telle différence de traitement réside en ce que le langage verbal se montre équivoque, car il n'y a pas de nécessité en soi à préciser ce qui ne l'est pas. On observe donc ici, comme avec l'examen de ce sur quoi porte la qualification d'*hétérogène*, une différence sémantique majeure entre le langage verbal et le langage graphique. Cette différence permet de confirmer le statut sémiotique de l'image.

On mentionnera pour suivre deux facteurs de variation afférents à la présence du couple *hétérogène* vs *homogène*.

1) La différence entre hétérogénéité et homogénéité a été traduite dans le schéma [36] par la différence perceptive non compact vs compact³. Ce qu'il est intéressant de remarquer ici est qu'à une interprétation méréologique entre le tout et ses parties (à savoir que ce seraient des différences entre les parties qui entraîneraient l'hétérogénéité du tout), l'élève a préféré une interprétation méréologique ne visant que le tout en tant que tout (étant donné que c'est sur lui que portent les qualifications différenciées de l'hétérogénéité et de l'homogénéité). Nous avons donc à nouveau affaire à un choix affectant directement la transposition visuelle d'une qualification verbale.

2) La représentation visuelle d'*ensemble* offre du reste deux variétés : notre corpus le représente avec bordure dans 19 cas, sans bordure dans 18 cas, alors que dans 9 cas, la transformation affecte précisément la dotation d'une bordure, par exemple dans le schéma [47]. L'équilibre entre les deux types de variétés montre là aussi que, dans le contexte du texte source, un ensemble est indifféremment bordé ou non bordé ; les 9 cas mixtes montrent que cette caractéristique est cependant tout sauf insignifiante : la transformation y passe tout entière. On se trouve ainsi devant une nouvelle confirmation de la présence d'un langage proprement visuel, manifesté par la présence d'un couple d'unités signifiantes (bordure vs non bordure) qui ne peut être laissé en l'état de paire de variantes libres, là où l'énoncé verbal ne fait aucunement usage de ces unités, ni sur le plan de l'expression (ni l'une ni l'autre ne sont dites dans l'énoncé objet) ni sur le plan de contenu (on ne saurait trancher sur la présence sémantique de l'une ou l'autre dans le sémème d'*ensemble*).

Cellules

La représentation des cellules connaît une considérable diversité ; on les trouve représentées sous la forme de ronds (dans 34 cas), d'ovales (8 cas), d'étoiles (5 cas), de carrés (24 cas), de triangles (21 cas), de rectangles (3 cas), de losanges (2 cas), de pentagones ou d'hexagones (5 cas), de points plus ou moins épais (5 cas), et d'autres formes encore (au moins 9 autres formes ont pu être répertoriées), sans compter les figures « informes » (4 cas, par exemple [44]). On ajoutera que dans 12 cas il semble qu'une figuration iconique des cellules ait été tentée, fût-ce de façon schématique, tel en [10] où la cellule (un rond) apparaît munie de son noyau (un point). Pourtant, cette diversité de variantes graphiques n'affecte guère l'analyse qu'il y a à en faire du point de vue de leur contenu. Elles remplissent toutes de manière égale la représentation de *cellules*. Ceci permet de préciser que, pour être significatives du point de l'analyse de contenu, les variantes observées de

³ Dans cinq autres cas, le passage de l'hétérogénéité à l'homogénéité a été conçu comme une action d'unification, tel en [10]. Cette représentation est une sorte de compromis entre les deux déjà mentionnées : d'une part, il s'agit bien d'une transformation qui concerne des parties et un tout, mais aussi d'un tout qui aurait à se ressaisir comme tout. Autrement dit, dans cette solution représentative, /tout/ et /homogène/ semble avoir été interprétés comme deux sèmes équivalents.

représentation graphique d'un élément du texte source doivent avoir une incidence sur l'interprétation d'au moins un autre élément du texte source. C'était le cas avec *hétérogène* (qui implique que soit déterminé *ensemble*) et avec *ensemble* (qui doit porter les critères de sa transformation d'*hétérogène* à *homogène*), mais non de *cellules*, lesquelles, qu'elles soient représentées rondes, carrées ou informes, remplissent invariablement la même fonction sémantique dans les graphiques du corpus.

Tout au plus peut-on supputer, au regard des résultats obtenus, une légère contradiction, à tout le moins une équivoque, dans nos instructions métalinguistiques, dès lors que la première phrase demande de *représenter* des cellules, mais que la seconde n'autorise que des *formes géométriques simples*. Est-il convenable de représenter des cellules par des formes géométriques simples ? La diversité des formes employées ainsi que les tentatives d'icônisation laissent supposer qu'une approbation à cette question ne serait pas obtenue sans conditions.

Se transforme en

Le prédicat verbal marque une action réfléchie et appelle un résultatif. En outre, il peut accueillir un cas instrumental (*par l'action de*).

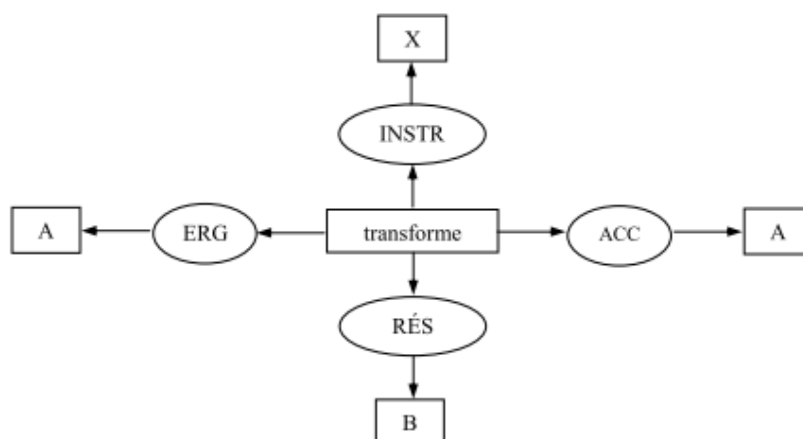


Fig. 2 : Graphe dialectique du texte-source

Le graphe ci-dessus est conforme à la version la plus répandue du test précédent (cf. *Visible 5*, p. 41). La question principale qui se pose à propos de ce prédicat concerne, comme on s'en doute, l'adaptation de l'action réfléchie par des moyens visuels.

L'adaptation la plus répandue est celle qui consiste à modifier l'aspectualité du prédicat en le passivant (un équivalent visuel de « est transformé en »). Au lieu d'une boucle de réflexivité, telle qu'en usage en logique, le corpus offre une majorité (38 cas) de flèches orientées d'une

figure vers une autre figure⁴ ⁵. Cette flèche a trois valences possibles : temporelle, actantielle et spatiale. Or la flèche, avec les valences qu'elle connaît, est largement lexicalisée dans le langage graphique ; son sémème ne trouve aucun équivalent strict en langue française, de sorte qu'il y a bien à faire l'hypothèse que la flèche constitue une unité spécifique du langage visuel. Ce qu'il y a alors d'intéressant à observer dans les 38 flèches marquant la transformation passive d'une figure en une autre est qu'elles actualisent deux de leurs valences — temporalité et actantialité — tandis que la troisième — spatialité — est neutralisée. Autrement dit, on voit que la valeur de la flèche peut varier en contexte. Le langage visuel, mis en situation intersémiotique, n'est donc pas toujours au service d'une désambiguïsation de prétendues équivocités du langage verbal ; il contient lui-même en puissance la variété sémantique de ses unités ; en quoi il se confirme par un nouvel argument analytique que le langage visuel est proprement un langage.

Variante remarquable, le schéma [28] présente plusieurs flèches reliant des figures entre elles et marque de ce fait l'itération du processus de transformation (un équivalent visuel de « est en train de se transformer en »), ce qui, par convention, met l'accent sur l'intégrité d'un actant objet et se rapproche par conséquent sur un point sémantique essentiel de l'action réfléchie présente dans le texte source.

Autre variante remarquable, le schéma [45] dissocie les valences actantielles et temporelles, sous la forme canonique d'un processus échelonné en un avant, un pendant et un après.

L'action d'éléments extérieurs

La première question intéressante qui se pose à la transposition graphique de ce syntagme verbal concerne la subordination d'un prédicat (substantivé : *action*) vis-à-vis d'un autre (*se transforme en*). La plupart des schémas du corpus atteste de la communauté casuelle entre *action* et *se transforme* dès lors que ces prédicats sont tous deux représentés par une flèche. Quant à la subordination, elle présuppose en tout cas la différenciation des deux prédicats, ce que suffit à manifester une différence d'orientation (par exemple, schéma [23]), ou une différence de forme (droite *vs* courbe, tel en [8], ou droit *vs* cisailé [43]). La différence fait quelquefois intervenir, supplémentairement, une hiérarchie, ou du moins la possibilité d'une hiérarchisation, telles les oppositions long *vs* court [15], épais *vs* fin [6], contour *vs* ligne claire [24]. Quelle que soit la correspondance retenue entre l'opposition principal *vs* subordonné et l'opposition visuelle, la possibilité demeure d'en inverser les termes. Autrement dit, au lieu que *a* soit à *b*, dans

⁴ Notez que c'est aussi ce que propose notre propre représentation graphique, conformément au modèle de la sémantique de John F Sowa, de l'analyse dialectique du texte source !

⁵ Il est du reste remarquable que la totalité des schémas composant notre corpus comporte au moins une flèche, quand même elle ne relie pas dans tous les cas une figure à une autre figure.

le langage verbal, ce que ce *c* est à *d*, dans le langage visuel, on a parfois *a* est à *b* ce que *d* est à *c*. Ainsi en [26] et [33], la flèche supposément subordonnée est mise en contour tandis que la flèche principale est en ligne claire, ce qui suffit à infirmer la thèse d'une lexicalisation terme à terme d'une unité verbale avec une unité visuelle.

Dans quatre cas, l'élève, contrevenant aux instructions données, a choisi de représenter l'action des éléments extérieurs en employant, plutôt qu'une flèche, un symbole « + » ; la différence entre les deux prédicats en est aussi bien manifestée qu'avec deux flèches, la disposition (par exemple en [38]) laissant supposer que l'action symbolisée par « + » est subordonnée à l'action symbolisée par la flèche⁶.

En outre, on observe que les élèves ont dûment interprété la présence d'une prédication ergative subordonnée en ce qu'ils l'ont transposée dans plus de la moitié du corpus (25 schémas sur 47) par une pluralité de flèches (puisque ce sont des *éléments extérieurs* qui agissent), bien que l'énoncé verbal affiche un substantif au singulier. Le choix graphique qu'il suppose est significatif car, à défaut de pluraliser les flèches subordonnées, c'est la différence entre *ensemble* (c'est-à-dire un tout englobant) et *des éléments extérieurs* (une pluralité non englobée) qui risque d'être neutralisée, risque qu'on observe dans le schéma [9] ; à moins de maintenir cette différence en faisant jouer une autre différenciation graphique, telle que bordé vs non bordé, comme en [23]. On constate donc que différentes combinaisons de traits graphiques régis par des relations de contraste visuel parviennent à rendre compte des mêmes traits sémantiques spécifiques propres au texte source, soit :

/flèches plurielles/ vs /flèche singulière/ + /formes sans bordure/
 = /deux flèches singulières/ + /formes avec bordure/ vs /formes sans bordure/
 = action subordonnée d'éléments non explicitement assemblés sur l'action principale d'un ensemble d'éléments.

Une autre question qui se pose à l'endroit de la représentation de l'action d'éléments extérieurs consiste à déterminer sur quel ensemble porte cette action : sur l'ensemble à transformer ou sur l'ensemble transformé ? La question n'a pas de sens dans l'interprétation du texte source, dès lors que la subordination prédicative se passe de syntagme objet. Mais, dans le cas d'un graphique figuratif, il y a bien la possibilité de faire porter sur une figure l'action d'éléments extérieurs. Dans un certain nombre de cas, les élèves ont opté pour faire porter l'action d'éléments extérieurs sur le groupe à transformer. Dans trois cas, elle porte à l'inverse sur l'ensemble transformé (par exemple dans le schéma [34]) voire sur les deux ensembles [5]. À nouveau, la nécessité de valeurs sémantiques spécifiquement visuelles est manifestée par la coprésence de différentes variétés de représentation d'un

⁶ Un cas intéressant de subordination est donné à voir dans le schéma [13], où c'est un domaine de représentation métalinguistique, à savoir celui de la formulation chimique, qui laisse supposer que « + » est subordonné à « → ».

élément (*action*) en rapport avec d'autres éléments (les deux occurrences d'*ensemble*).

Dans le tableau ci-dessous on peut constater à quel point la transformation, avec action subordonnée, donne lieu à des options de représentation graphique différentes. Même si des variétés sont plus largement sélectionnées dans le corpus, la répartition marque l'étanchéité des interprétations des valeurs sémantiques du texte source manifestées par les schémas.

avant / après	avant / après (avec flèche intercalée)	avant / pendant	pendant / après	avant /pendant / après	pendant
6 cas	19 cas	3 cas	17 cas	4 cas	1 cas

Fig. 3 : Tableau récapitulatif des analyses dialectique et distributionnelle

Finaleme nt, trois grands types de représentation graphique se dégagent à l'analyse :

Type I : deux groupes figuratifs ou symboliques sont reliés par une flèche, les groupes étant différenciés par l'homogénéité ou non de leurs éléments (38 cas, soit 80 % du corpus).

Type II : trois groupes figuratifs ou symboliques sont en présence (4 cas).

Type III : un seul groupe figuratif ou une seule figure est dessinée (3 cas).

Deux schémas échappent à cette catégorisation : le schéma [13], qui présente un cas hybride entre le type I et le type II, et le schéma atypique [14].

Action

Il reste à interpréter le prédicat subordonné en activant des sèmes spécifiques que le terme même d'*action* ne laisse pas suggérer. Deux parcours entrent en conflit pour son interprétation. L'un consiste à conduire des éléments externes vers un ensemble ; il s'agit en somme d'une action d'*inoculation*. L'autre parcours suppose au contraire de partir de l'ensemble et de le débarrasser, au contact d'un milieu externe, de son hétérogénéité ; il s'agirait alors plutôt d'une *décantation*. La direction des flèches manifeste clairement la possibilité de ces deux parcours : elle est centripète dans le premier cas (qui concerne 16 schémas, dont [1]), elle est centrifuge dans le second (les schémas [5] et [40] la manifestent). Il est vrai que dans ce second parcours, les *éléments extérieurs* ne sont pas figurés distinctement de leur action. Mais des sèmes tels que /vague/, /général/, voire /abstrait/ sont actualisables pour ce syntagme nominal et suffisent à justifier l'absence de figuration graphique. Il n'en revient pas moins que, dans ce cas, le langage

visuel s'accommode tout autrement que le langage verbal des traits sémantiques en question.

Éléments extérieurs

Venons-en alors aux modalités de représentation graphique du syntagme qui les contient. Conformément au schéma d'origine (celui du premier test), on aurait pu attendre, pour représenter ces éléments indéfinis, des formes géométriques simplifiées, contrastant avec des cellules figurativisées. Cette solution est concurrencée dans le corpus par des figurations qui actualisent des sèmes non présents dans le syntagme verbal : la chaleur en [2] et [8], la solution liquide [45], le fractionnement ou la dissolution [12], la magnétisation [19]. D'autres élèves ont introduit le syntagme verbal dans la représentation graphique, tel en [20] et [21], ce qui indique sans doute que l'absence de sèmes à figurativiser rend légitime à leurs yeux la production d'un énoncé polysémiotique comportant des index métalinguistiques. Dans certains schémas, on assiste à la fois à la présence d'index métalinguistiques et à des interprétants non contenus dans le texte source ; tel est le cas du schéma [10], où les éléments extérieurs sont interprétés comme « le froid », ainsi que du schéma [31] où ces mêmes éléments sont interprétés cette fois comme des « agents chimiques ». Enfin, dans un cas unique, on trouve une exposition de type symbolique, les cellules étant symbolisées par des points de différentes couleurs, les éléments extérieurs par des segments de ligne, sur lesquels renchérit l'index métalinguistique « (élément ext) » ; il est vrai que l'ordonnement spatial des symboles demeure néanmoins en partie figuratif.

La diversité des solutions apportées à la représentation graphique des *éléments extérieurs* ne peut être assimilée à celle que connaît la représentation graphique des *cellules*. Car ces solutions révèlent autant de propositions différentes pour déterminer le rapport entre le langage verbal et le langage visuel. L'hypothèse d'une transposition simple, impliquant des systèmes de langage positifs (réductibles à des états simples), s'en voit très sérieusement mise à mal. Si le langage visuel est un langage, il le doit d'abord à la complexité sémantique de ses unités ainsi qu'à la complexité de ses rapports polysémiotiques et intersémiotiques avec d'autres langages.

Conclusions

Dès lors que l'objectif de l'étude était de trouver des moyens de confirmation du statut sémiotique des images, les résultats comparatifs de l'analyse sémantique des schémas obtenus à partir du test proposé peuvent être considérés comme largement probants. La diversité des options de représentation graphique d'un seul et même énoncé verbal montre que la production des schémas est instruite par d'autres contraintes que la seule exigence d'une représentation transpositive. De fait, les variétés observées ne peuvent être considérées comme des variations insignifiantes du point de vue de l'analyse du contenu de l'énoncé objet. Ces variétés sont amenées ici à *préciser* (lorsqu'il s'est agi, par exemple, de déterminer sur quoi porte la

qualification d'hétérogénéité), là à *adapter* (quand l'aspect réfléchi de la transformation a été « déplié » en une action passive, et parfois inchoative), là encore à *interpréter* (avec les « éléments extérieurs ») les valeurs sémantiques du texte source. La diversité des cas rencontrés montre qu'on ne saurait réduire cette variété à l'incompétence relative — et, à vrai dire, bien peu incriminable — des élèves ou à l'équivocité sémantique du texte source. Cette variété est contenue en puissance dans les formes spécifiques de production des images, en raison de quoi celles-ci révèlent un statut sémiotique qui leur est propre.

On pourrait objecter que les images produites à partir du test sont d'un type particulier : ce sont des schémas. Si nous avons favorisé la production de schémas en guise d'images (en général), c'est simplement qu'il nous a semblé qu'entre les deux risques de réduction — celui de l'opacité pure et celui de la transparence pure — par rapport auquel le statut sémiotique des images se tient en équilibre, celui de basculer dans un statut de transparence était plus sérieux. Il relève en tout cas plus spécifiquement de l'analyse des images dans le cadre des discours scientifiques, où il est encore fréquent de supposer et de laisser supposer qu'une image — à tout le moins une « bonne » image — devrait être strictement transpositive d'un énoncé verbal, sans rien lui apporter qui n'ait été prévu à son endroit. Cette thèse, dont nous pensons à présent avoir montré la fausseté, est corollaire d'une autre portant cette fois sur le langage verbal, à savoir que le langage verbal commun (*everyday language*) serait par essence équivoque, qu'il déguiserait la pensée scientifique, et cette seconde thèse est la raison constitutive de tous les langages formels de type logique, supposés être, quant à eux, strictement univoques. En réalité, la prétendue équivocité du langage verbal ne rend compte de rien d'autre que de son statut de langage. De quoi est faite cette équivocité en effet ? Deux déterminants théoriques permettent d'en rendre compte : primo, les formes d'un langage donné ne manifestent pas dans tous leurs usages les mêmes traits sémantiques invariables ; deuzio, les traits sémantiques actualisés par une forme sémiotique entrent en rapport de prescription avec l'actualisation des traits sémantiques d'autres formes sémiotiques manifestées (ce dont rend compte le concept d'*isotopie*). Ces deux déterminants sont dans un rapport de condition réciproque de sorte qu'on ne saurait, en matière de langage, dissocier la syntaxe de la sémantique. Un langage est précisément l'objet d'une double analyse, paradigmatique et syntagmatique, portant à la fois sur ses formes d'expression et sur ses valeurs de contenu. À ce titre, il faut considérer que les « langages formels » ne sont pas en fait des langages, comme l'avait observé Hjelmslev dès les *Prolégomènes à une théorie du langage* (1943)⁷,

⁷ Hjelmslev les désigne comme des *systèmes de symboles*, distincts des systèmes sémiotiques en ce que l'analyse de leurs formes d'expression est strictement correspondante à l'analyse de leurs valeurs de contenu, ce qui ne peut jamais être le cas dans l'analyse d'un système sémiotique (Hjelmslev 1971 : 142).

car en produisant ces prétendus « langages », on cherche précisément à rendre indépendantes l'une de l'autre la syntaxe et la sémantique.

La thèse défendue et argumentée dans cette étude peut donc être reformulée de la façon suivante : il n'est pas vrai que les images puissent être dans un rapport de transposition vis-à-vis de langages formalisés. Tout au contraire, les images, y compris les schémas à visée scientifique, partagent avec les textes un statut sémiotique qui accorde à leur organisation sémantique et syntaxique une spécificité générale, celle d'un *langage visuel*, tout de même qu'il existe une spécificité générale inhérente au langage verbal.

Nous sommes prêt toutefois à admettre que ce sont les *usages* qui déterminent la qualification sémiotique des images. Que, parmi ces usages, certains tendent à une opacité totale, c'est là une recherche esthétique et artistique qui nous paraît légitime ; encore ces usages ne peuvent-ils garantir d'avoir atteint leur objectif ; l'analyse sémiotique reste donc applicable et doit permettre de trancher. Que d'autres usages des images puissent au contraire tendre vers une transparence absolue ne nous paraît pas non plus déraisonnable dans le cadre de discours scientifiques. Là encore, l'analyse sémiotique doit permettre de dire, oui ou non, si ces usages répondent aux exigences d'une formalisation strictement univoque.

Une question pendante est de savoir si nous admettrons encore de dire, dans le cas où l'analyse conduirait à poser des correspondances exactes et invariables entre les formes d'expression et les valeurs de contenu d'un corpus donné, que nous sommes en présence d'images au sens commun du terme. Toutes les icônes ou tous les symboles en usage dans les discours scientifiques (ainsi que dans d'autres discours) ne devraient pas nécessairement, ce nous semble, être qualifiée d'images. Dans ce débat, on se réfère souvent à la catégorie des signes de Peirce. Rappelons en effet que les *icones* au sens de Peirce comprennent des équations algébriques ou des exécutions musicales. Sont-ce là encore des images ? Toute une série de confusions théoriques et analytiques ressortissent du parti pris consistant à vouloir faire correspondre les icônes au sens de Peirce avec les images. En réalité, il vaudrait mieux reconnaître tout de go que la catégorisation peircienne ne permet tout simplement pas de poser la question du statut sémiotique des images, ou du moins y manque-t-elle une caractéristique à nos yeux essentielle, celle de la complexité syntaxico-sémantique.

Comparaison des deux volets de l'étude et conclusions générales

Deux tests auront donc été menés de manière à offrir une certaine réciprocité de vues : dans le premier test, présenté dans l'étude parue dans *Visible 5*, il s'agissait de faire produire une phrase interprétant la signification d'un schéma donné ; dans le second test, il s'est agi de produire un schéma représentant une phrase. Eu égard à nos hypothèses théoriques, il n'est guère plausible que la réciprocité des deux tests puisse être posée de façon stricte et que, par exemple, on cherche dans les réponses du second test à retrouver le schéma donné au départ du premier. En revanche, on a pu s'efforcer de

produire ces tests de façon à ce que des questions similaires se rencontrent dans leur analyse, et notamment les questions relatives à l'hétérogénéité d'un objet, à la subordination d'une action vis-à-vis d'une autre ainsi qu'à la réflexivité prédicative.

Les résultats des tests sont-ils comparables ? Ils le sont en effet, dans la mesure où ils permettent dans les deux cas de statuer clairement sur le caractère sémiotique des images, contre les hypothèses concurrentes d'opacité pure ou de transparence pure. On observera cependant que les résultats du second test présentent une homogénéité bien plus grande que ceux du premier test. Dans le premier test, en effet, les réponses obtenues offraient une répartition de solutions assez disparate. De fait, trois options interprétatives comparables (que nous avons appelé des « versions ») s'y partageaient, après bien des accommodements analytiques et sous de nombreuses conditions d'interprétation, 80% du corpus, laissant tout de même un cinquième des réponses hors catégorisation. Dans le second test, non seulement le reste de la catégorisation analytique proposée est minime (2 cas), mais la catégorisation privilégie massivement une option interprétative, laquelle regroupe 80% du corpus à elle seule. Est-ce à dire que ce second test est plus réussi que le premier ? ou bien que notre analyse en a été plus heureuse ? En fait, ces deux questions se recoupent très largement, et ceci offre la possibilité d'un enseignement à portée théorique sur l'usage des images dans le discours scientifique.

Rappelons qu'en conclusion du premier volet de notre étude il a été reconnu que les images et les textes dans le discours scientifique ont en commun de présenter des *analyses* de leur objet. Les analyses constituent ainsi l'élément intersémiotique d'un discours scientifique polysémiotique, dans la même mesure qu'au cinéma l'intersémiotique des images et des dialogues définit un récit. Nous disons bien toutefois que l'intersémiotique scientifique présente *des* analyses alors que dans un film on ne reconnaît qu'*un* récit. C'est qu'une analyse dispose autrement qu'un récit des puissances polysémiotiques. Une analyse offre la possibilité d'une fonction métalinguistique vis-à-vis d'un objet et cette fonction est strictement vectorisée : des énoncés appartenant à différents types de langage — verbal et visuel — ne sauraient rendre convergentes leurs fonctions métalinguistiques. Mais nous constatons alors que l'image et le texte sont investis dans le discours scientifique par des fonctions métalinguistiques *réiproques* rendant homologable l'objet de leurs analyses ; et que c'est en vertu de ces fonctions métalinguistiques réiproques qu'est garantie la cohésion discursive d'un travail scientifique.

Bien sûr, tout texte n'est pas voué à l'analyse, non plus que toute image. *Certains* textes comme *certaines* images sont plus susceptibles de s'accommoder d'une telle fonction. Or les catégorisations de textes et d'images nous indiquent peut-être ici une différence concernant leurs statuts sémiotiques respectifs. Les textes sont catégorisés selon des *genres* qui contraignent leurs formes morphosyntaxiques et les règles de propagation sémantique. La catégorisation en genres s'applique sans doute également aux

images mais elle est dépendante d'une autre catégorisation, largement prépondérante : la catégorisation des *formats* d'images. Du reste, c'est parce que les images sont catégorisées d'abord selon leurs formats qu'on a longtemps hésité, en sémiotique, entre deux descriptions des images, soit une description généraliste du langage visuel, soit une description particulariste en langage cinématographique, langage pictural, langage graphique, langage de la bande dessinée, etc. Par format, il faut entendre un modèle prégnant actualisable, susceptible de prédéterminer, dans le cas des images, des traits texturaux, formels et lumineux. En fonction de leurs formats on peut différencier, généralement dès le premier coup d'œil, un tableau peint à l'huile d'une aquarelle, ou un film pellicule d'une vidéo, ou encore un schéma d'un tableau, et cette reconnaissance d'un format attribué à l'image produit des prescriptions sur leur interprétation au moins aussi importante que le font les prescriptions des genres pour les textes. Quant aux textes, si la catégorisation selon les formats (numérique, imprimé, manuscrit, etc.) est effective, elle ne soumet pas celle des genres et offre du reste peu d'indices à l'interprétation des textes.

Cette différence entre deux types de catégorisation entre directement en jeu dans la comparaison des deux tests qui ont été menés dans le cadre de cette étude. Car si les textes ont été sollicités sans instruction particulière, les images en revanche ont été immédiatement reconnues appartenir à un format particulier, celui des *schémas*. Ce format gouverne *a priori* la fonction analytique des images produites, alors que les textes sont demeurés sous-déterminés en leur genre. On pouvait dès lors s'attendre à ce que l'analyse des textes soit plus difficile à réaliser que celle des schémas et que les résultats soient plus disparates. Ainsi, par exemple, dans le premier test, plusieurs élèves ont décrit le schéma par une description d'état⁸ où la fonction analytique disparaît entièrement, ce qui suffisait à les rendre tout à fait atypiques selon notre grille d'analyse. Dans le second test, au contraire, l'instruction explicite d'un schéma appelait l'élève à produire une analyse du texte source ; il est d'ailleurs significatif à cet égard que les élèves qui ont échoué à effectuer une analyse graphique d'une partie de l'énoncé verbal ont eu recours à un index verbal métalinguistique inséré dans leur schéma, tel en [10] ou en [21].

L'inégalité désormais reconnue à la source des deux tests présentés ne disqualifie pas nos résultats, au contraire. D'une certaine manière elle les confirme et permet de les interpréter. De fait, l'inégalité des statuts sémiotiques entre texte et image est inhérente au discours scientifique lui-même. Le chercheur prédétermine toujours le format de l'image dont il va faire usage et sait par avance quelles fonctions sémiotiques il peut en attendre, alors que la question ne se pose guère, ou selon d'autres impératifs qu'épistémologiques, pour le format du texte. En outre, les prescriptions

⁸ Par exemple, [37] : Cela signifie pour moi la fécondation des œufs de poissons, têtards,... (cf. *Visible 5*, p. 23).

génériques du texte restent implicites, acquises au cours de la pratique discursive, et demeurent de ce fait plus faillibles⁹.

Les fonctions métalinguistiques des textes et des images dans le discours scientifique, tout en assurant des relais de contrôle entre eux, laissent dès lors la possibilité d'un *parcours* qui les dispose dans un ordre, sinon fixé d'avance et absolument, du moins significatif et sans doute déterminant pour la recevabilité même de l'argumentation scientifique. Quel format d'image précède quel genre de texte ? Les résultats des tests que nous avons mis en place ne peuvent rien nous dire sur cet ordre sauf la nécessité de s'en inquiéter...

Bibliographie

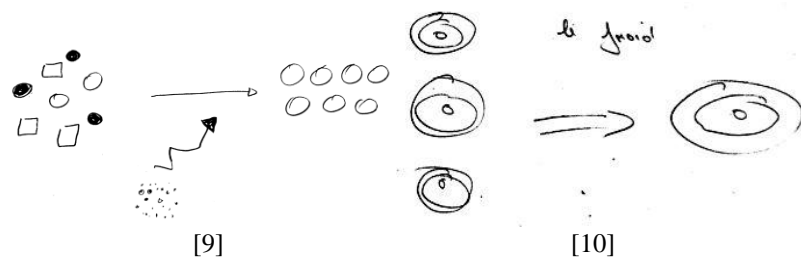
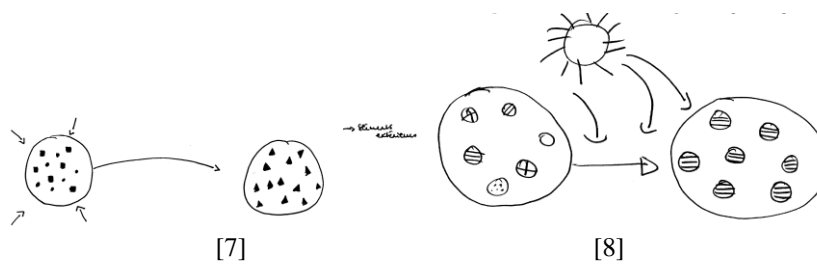
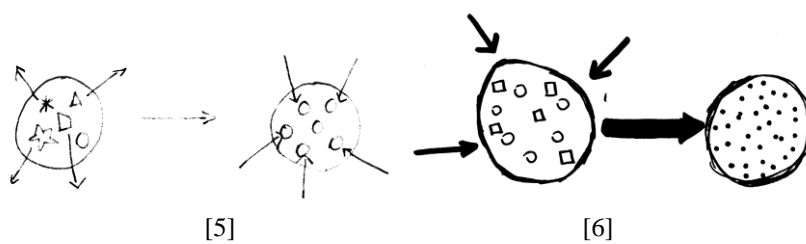
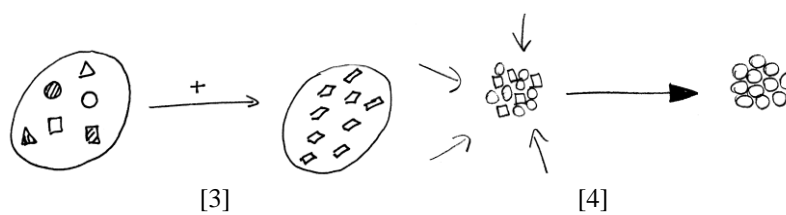
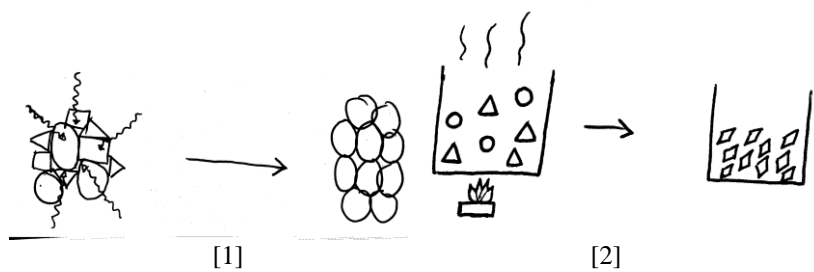
- Sémir Badir, « Le statut sémiotique de l'image. Rapport d'expérience sur l'intersémiotique dans le discours scientifique », *Visible*, 5, pp. 9-60.
Louis Hjelmslev, *Prolégomènes à une théorie du langage*, Paris, Minuit, 1971.
Ludwig Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus*, Paris, Gallimard, 1993.

Biographie

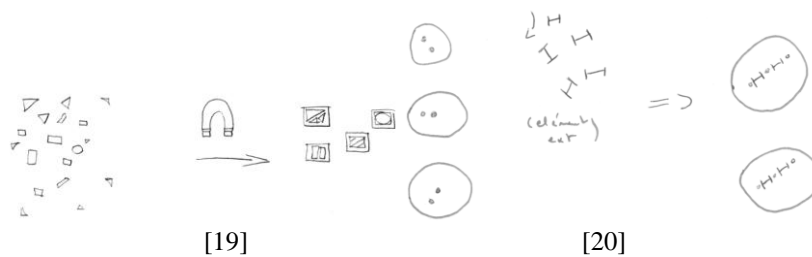
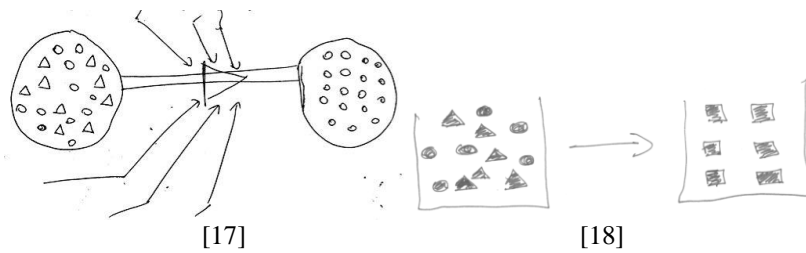
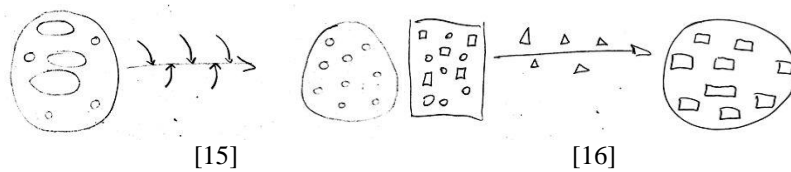
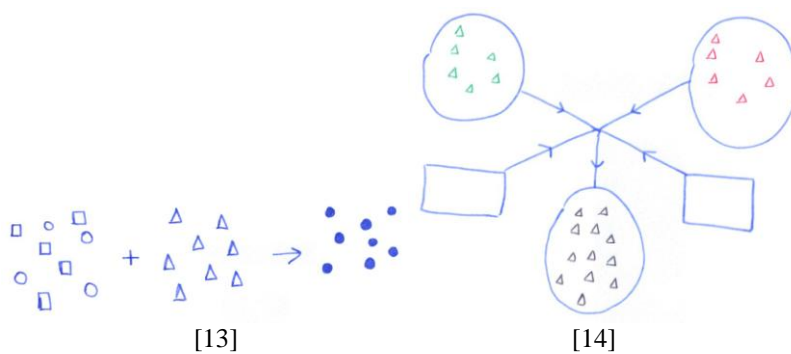
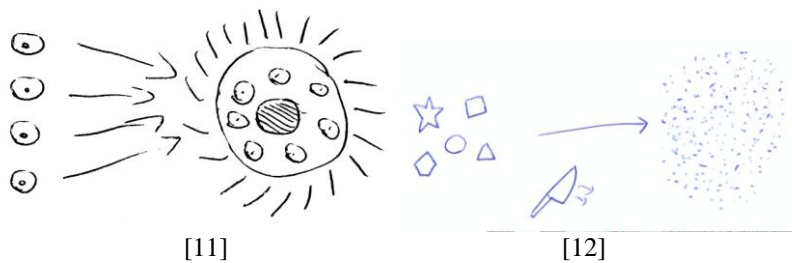
Sémir Badir (1968) est maître de recherches du FNRS à l'Université de Liège. Ses recherches portent principalement sur l'épistémologie sémiotique. Il est l'auteur de *Hjelmslev* (Belles-Lettres, 2000) et *Saussure. La langue et sa représentation* (L'Harmattan, 2001). Il a dirigé les recueils et numéros spéciaux de revue internationale suivants : *Spécificité et histoire des discours sémiotiques* (*Linx* 44, avec M. Arrivé, 2001), *Puissances de la voix* (avec H. Parret, 2001), *L'archivage numérique* (*Protée* 32-2, avec J. Baetens, 2004), *Intermédialité visuelle* (*Visible* 3, avec N. Roelens, 2007), *Figures de la figure. Sémiotique et rhétorique générale* (avec J-M. Klinkenberg, 2008), *Analytiques du sensible. Pour Claude Zilberberg* (avec D. Ablali, 2009), *Roland Barthes. Leçons 1977-1980* (avec D. Ducard, 2009), *Les linguistes et leurs graphiques* (avec M. Sassier, 2009), *Le Groupe μ entre rhétorique et sémiotique* (avec M. G. Dondero, 2010).

⁹ Nous en avons eu un exemple quand nous avons analysé la légende accompagnant, dans la publication originale, le schéma choisi pour le premier test. Son genre, aisément identifiable, ne laissait pas d'observer de graves lacunes dans la fonction descriptive métalinguistique du schéma (cf. *Visible* 5, p. 50).

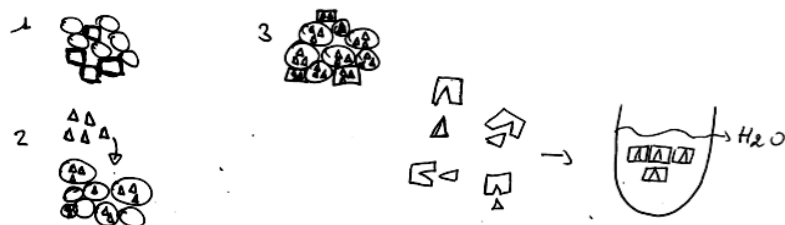
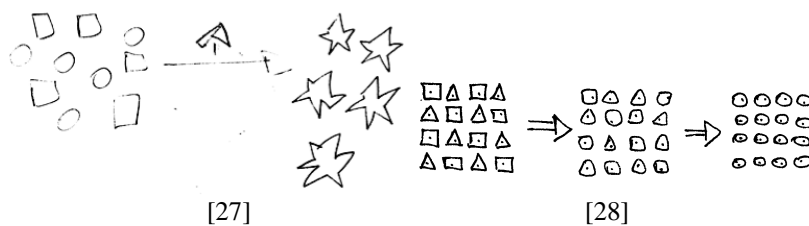
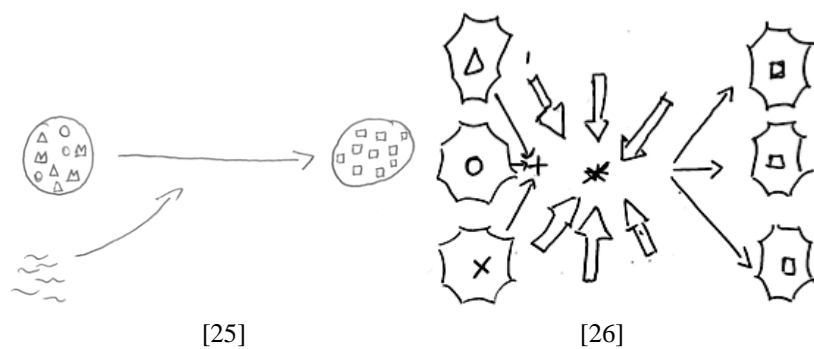
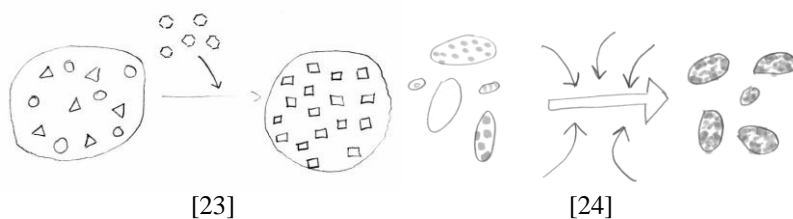
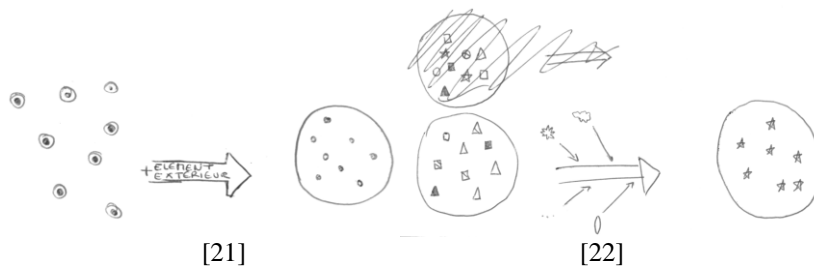
Annexe



Le statut sémiotique de l'image



Sémir BADİR



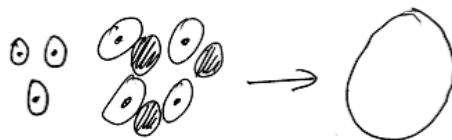
Le statut sémiotique de l'image

[29]

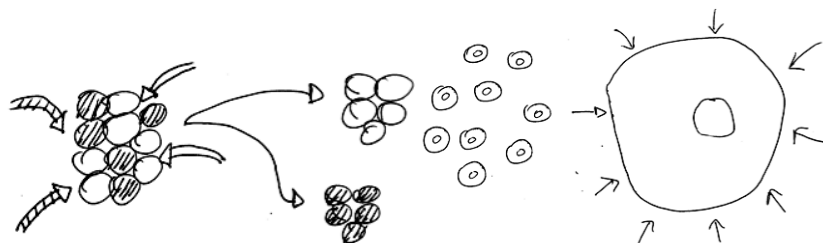


[31]

[30]

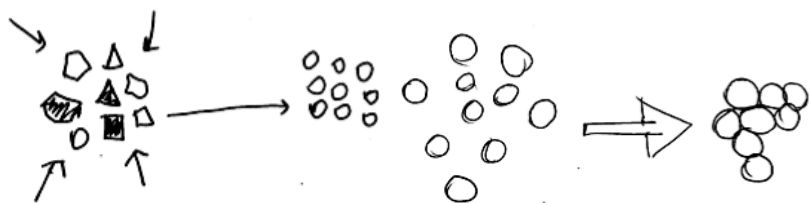


[32]



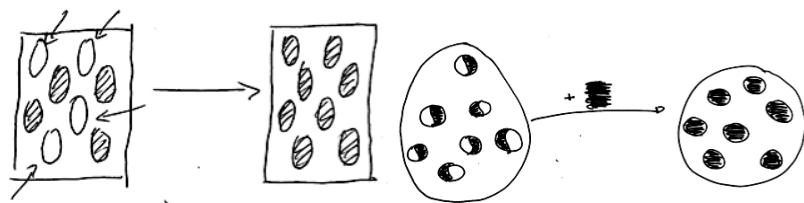
[33]

[34]



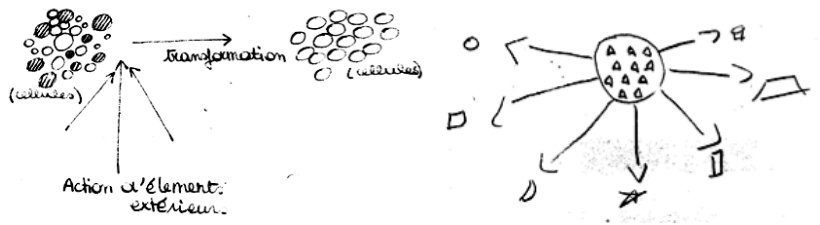
[35]

[36]



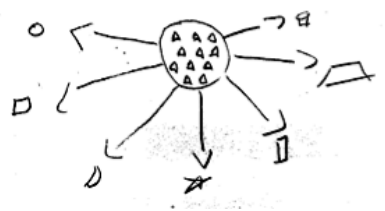
[37]

[38]

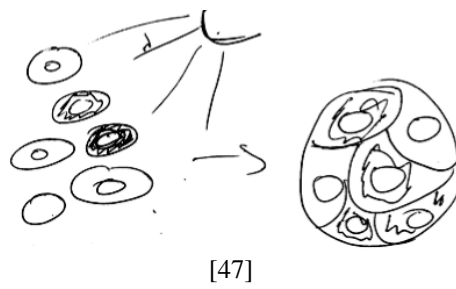
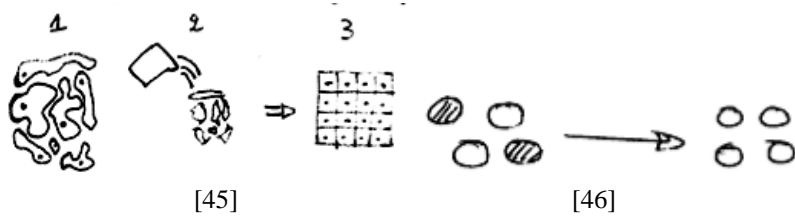
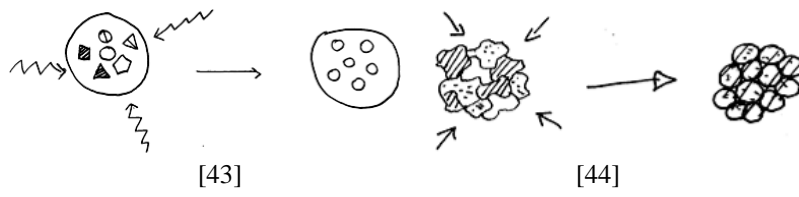
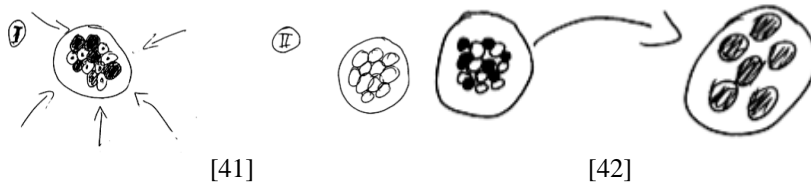


[39]

[40]



Sémir BADİR



Éléments de méthodologie pour l'étude des images scientifiques

Anouk BARBEROUSSE
IHPST (CNRS - Université Paris 1 - ENS)

Résumé : Les images scientifiques forment un vaste domaine d'étude qui suscite un intérêt croissant en histoire et en philosophie des sciences. Cependant, l'approche méthodologique qui leur convient ne fait pas encore l'objet d'un consensus. Cet article vise à faire le point sur les options méthodologiques disponibles pour l'analyse des images scientifiques.

Abstract: Historians and philosophers of science are more and more interested in scientific pictures but still lack a consensual methodology. This paper aims to present available methodological options for their analysis.

Introduction

Les images forment une part importante des publications scientifiques, et cela a été le cas dès les débuts de l'imprimerie (voir par exemple les ouvrages et articles de Laurent Pinon indiqués dans les références bibliographiques). La façon dont on les regarde et les comprend dépend de l'objectif que l'on cherche à atteindre en lisant un ouvrage ou un article scientifique, en tant que chercheur du même domaine, d'un autre domaine, ou encore en tant qu'historien ou philosophe des sciences. L'approche développée dans cet article vise à mieux comprendre le regard d'un scientifique qui examine une image dans son domaine, et qui cherche à en tirer le meilleur pour ses propres buts. Je supposerai dans ce qui suit que le but d'un tel scientifique est de contribuer à l'augmentation et à l'amélioration des connaissances scientifiques. Ainsi l'article repose-t-il sur le présupposé selon lequel les images qui sont insérées dans les publications scientifiques ne sont pas purement décoratives ni même illustratives : certaines d'entre elles, au moins, contribuent authentiquement à l'entreprise épistémique, au même titre que les textes. Ce présupposé est issu de l'examen de nombreux exemples historiques¹, ainsi que de l'observation de pratiques courantes dans

¹ On en trouvera quelques-uns dans [Barberousse et Pinon 2005].

certaines disciplines, qui consistent à centrer la construction d'un article sur une ou des images, l'essentiel du contenu se trouvant ainsi ramassé dans une image et sa légende.

L'objet de cet article est d'énoncer de quelle façon les images que l'on trouve dans les publications scientifiques peuvent être analysées dans une perspective d'histoire et de philosophie des sciences. Il s'agit donc d'une étude méthodologique qui a pour but est de comprendre quels rôles jouent les images dans la constitution de connaissances scientifiques. L'étude des images scientifiques en tant qu'elles participent de la construction de la connaissance scientifique soulève pour le philosophe de nombreuses questions méthodologiques. Les images scientifiques sont si diverses, d'un point de vue synchronique autant que diachronique, leurs rapports aux textes au sein desquels elles s'insèrent sont si variables, qu'il est difficile de savoir par où commencer une telle étude. Une première option méthodologique pour commencer l'analyse consiste à regrouper dans un même ensemble d'« images », vaste et éclectique, les courbes, les histogrammes, les schémas, les cartes, les photographies de toutes sortes, et de définir cet ensemble comme « tout ce qui n'est pas strictement linguistique » dans une publication scientifique ou dans les travaux préparatoires aux publications. Une telle démarche préliminaire n'est pas entièrement satisfaisante en raison du fait que les images scientifiques ainsi définies forment un ensemble hétérogène, de même que les autres images ordinaires (dans cet article, j'appelle « images ordinaires » les images dont la vocation première n'est pas d'être artistiques, mais plutôt de transmettre des informations, de faciliter la mémorisation, etc. ; les images scientifiques en sont une sous-espèce). En outre, un tel regroupement ne repose pas sur une distinction qui serait ancrée dans la pratique scientifique elle-même : la séparation entre ce qui relève du texte et ce qui n'en relève pas strictement n'a pas de réelle pertinence pour le travail scientifique, qui mobilise aussi bien le langage, naturel ou formel, que les schémas, diagrammes, photographies de toutes sortes, etc. Et enfin, la séparation n'est pas stricte, puisqu'il existe des cas-limites comme les tableaux de nombres.

C'est du constat selon lequel le texte n'est pas le seul véhicule de l'information pertinente dans les publications scientifiques que procède cet article. Il a pour but de faire le point sur l'ensemble des éléments qui me semblent devoir être pris en considération pour étudier systématiquement les images scientifiques. Certains de ces éléments sont tirés des travaux récents sur les images ordinaires en philosophie et en psychologie de la perception des images. D'autres sont issus des caractéristiques de l'activité scientifique : ainsi, une distinction particulièrement importante est celle entre représentations de faits (observés pour les sciences empiriques, démontrés pour les sciences formelles) et représentations d'hypothèses (c'est-à-dire de propositions au statut épistémique incertain), que ces représentations soient linguistiques, schématiques ou picturales. L'hypothèse méthodologique qui guide cet article est double. (1) Au lieu d'envisager une rupture entre images et texte, il est plus fécond de partir de l'intrication entre langage naturel,

langages formels et images que l'on peut observer dans les publications scientifiques et d'envisager une continuité entre ces outils de représentation et de communication. (2) La distinction à introduire pour mettre de l'ordre dans ce vaste ensemble afin de commencer à l'analyser doit être donnée par l'activité scientifique elle-même ; je choisis celle entre représentation de faits et représentation d'hypothèses et j'explore ses conséquences pour la compréhension des rôles des images scientifiques.

Ingrédients de l'analyse des images scientifiques

Dans cette section, je passe succinctement en revue les ingrédients tirés de l'étude des images ordinaires (ou non artistiques) à partir desquels l'analyse des images scientifiques peut être menée. Une mise en garde s'impose avant de les présenter : l'analyse des images ordinaires ne constitue pas un domaine d'étude bien installé, caractérisé par un accord de l'ensemble des acteurs sur les hypothèses fondamentales qui le structurent. Au contraire, il s'agit d'un domaine en cours de constitution², au sein desquels des désaccords existent encore sur les hypothèses fondamentales elles-mêmes. Ainsi l'entreprise qui est à l'origine de cet article ne saurait-elle faire l'objet d'un consensus, tant elle dépend de choix théoriques sous-jacents dans le domaine de l'analyse des images ordinaires, ainsi que dans celui de l'analyse de l'activité scientifique, qui fait l'objet de la section suivante.

L'étude des images ordinaires peut être décomposée en quatre parties principales selon que l'on s'intéresse aux propriétés syntaxiques, sémantiques ou pragmatiques des images, ou à la psychologie de la perception des images. On voit que ce découpage, du moins pour ce qui concerne les trois premières parties, suit le modèle de l'étude actuelle du langage et des interactions linguistiques ; il s'agit ici d'un premier parti pris théorique. En effet, d'autres choix sont possibles, qui partent d'un refus du modèle linguistique, ou encore d'un refus de ce modèle linguistique. Il est vrai que le pari de la transposition d'un modèle linguistique à l'analyse des images ordinaires peut paraître audacieux, puisque les images ne semblent pas posséder la propriété de compositionnalité³, ou du moins pas de la même façon que le langage, comme on va le voir ci-dessous.

Le principal argument en faveur d'une transposition du modèle linguistique à l'étude des images ordinaires s'appuie sur une hypothèse antérieure, qui elle-même peut faire l'objet de discussions, selon laquelle les images ordinaires sont des véhicules de contenus au même titre que les textes, même si elles transmettent les contenus de façon différente⁴. Selon cette hypothèse, les images ordinaires possèdent ainsi un contenu

² On peut trouver l'état actuel des discussions dans les ouvrages et articles de Schier, Kulvicki, Lopes et Perini mentionnés dans la liste des références bibliographiques.

³ La propriété de compositionnalité permet de comprendre le sens d'une phrase à partir des sens de ses constituants et de la façon dont ils sont combinés.

⁴ On trouvera des arguments supplémentaires dans l'ouvrage de Sun-Joo Shin [1994].

propositionnel, c'est-à-dire un contenu susceptible de vérité ou de fausseté : elles peuvent servir à dire des choses sur le monde. Ainsi, de même qu'un texte peut être faux, au moins partiellement, une image peut-elle comporter des éléments inexacts, comme la [Fig. 1] et la [Fig. 2], ou représenter une entité ou une situation fictive, comme la [Fig. 3].



Figure 1 : Gravure tirée des *Historia Animalium*, (1551), livre II, de Conrad Gessner, numérisée par la National Library of Medicine" de Bethesda (USA)

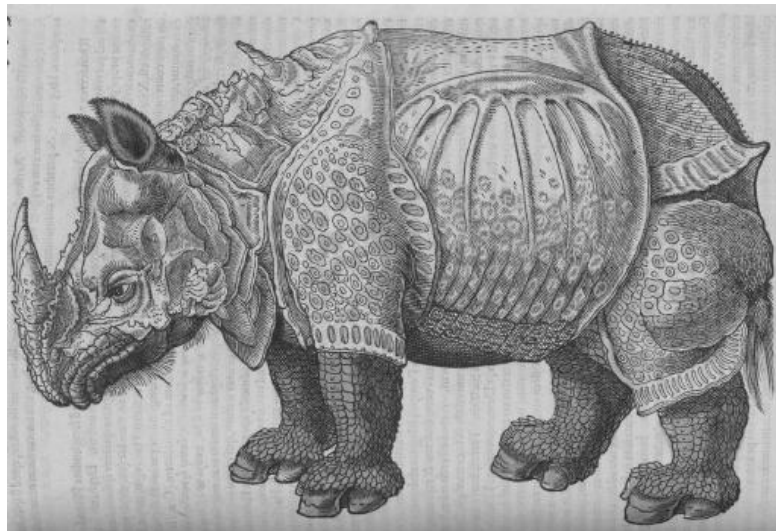


Figure 2 : Gravure identique à la figure 1, imprimée sans couleurs



Figure 3 : Gravure tirée des *Historia Animalium* (1551) de Conrad Gessner, numérisée par la National Library of Medicine" de Bethesda (USA)

C'est sur cette hypothèse que je m'appuie pour analyser les utilisations scientifiques des images. Dans cet article, je n'examinerai pas la question fort débattue⁵ de savoir si les images ordinaires, ou au moins certaines d'entre elles, possèdent également un contenu non propositionnel.

Un autre argument important en faveur de l'utilisation du modèle linguistique est sa puissance - si du moins on accepte les présupposés de ce modèle. Dans ce cas, on peut espérer transposer la fécondité du modèle à l'analyse des images, en bénéficiant de son développement considérable. Cela permet de gagner beaucoup de temps - à condition que la transposition soit pertinente.

Le principal défaut de la transposition du modèle linguistique à l'analyse des images ordinaires est que cette transposition est difficile⁶, essentiellement en raison du fait que les images ne possèdent pas la propriété de compositionnalité. Ainsi le contenu porté par une image ne peut-il pas, en général, être reconstruit par l'examen de la façon dont ses différents éléments s'articulent les uns avec les autres comme les noms s'articulent aux verbes, adverbes et adjectifs⁷. On n'a pas isolé au sein des images l'équivalent des fonctions grammaticales qui font que l'on peut comprendre la signification d'une phrase à partir de l'analyse du sens de ses différents éléments et de leur agencement.

⁵ Voir par exemple [Inkpin 2010].

⁶ La tentative la plus aboutie à ce jour reste celle de [Goodman 2005].

⁷ Laura Perini a analysé des exceptions à cette règle dans [Perini 2005].

Passons maintenant en revue les différentes propriétés des images qui sont susceptibles d'une analyse guidée par le modèle linguistique, en commençant par les propriétés syntaxiques des images. Les propriétés syntaxiques des images sont relatives à la présence d'éléments discrets ou continus, à la grosseur des traits dans les dessins, à la présence d'aplats de couleur. Donnons en quelques exemples.

- La [Fig. 4] repose sur une syntaxe différente de celle de la [Fig. 5] : la [Fig. 4] est composée d'éléments discrets alors que les différents éléments des photographies sont articulés les uns aux autres de façon continue.

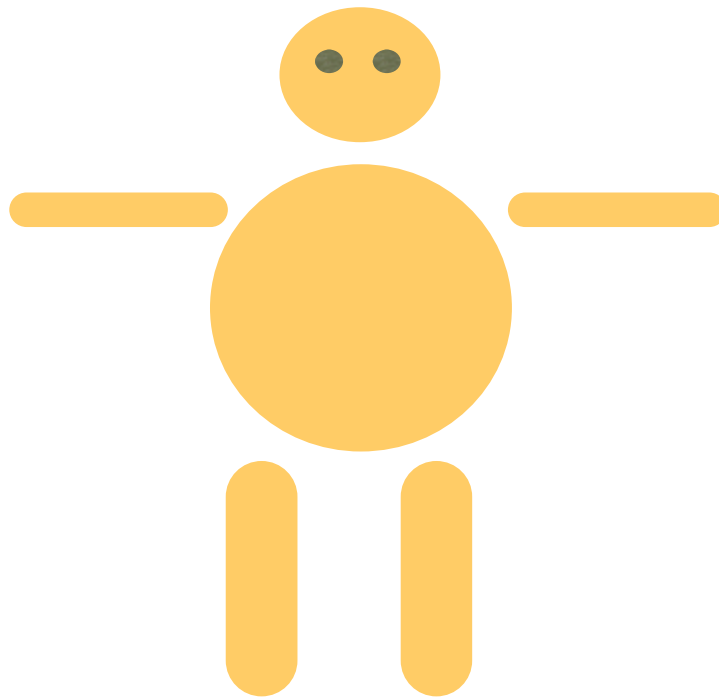


Figure 4 : Un être humain schématisé

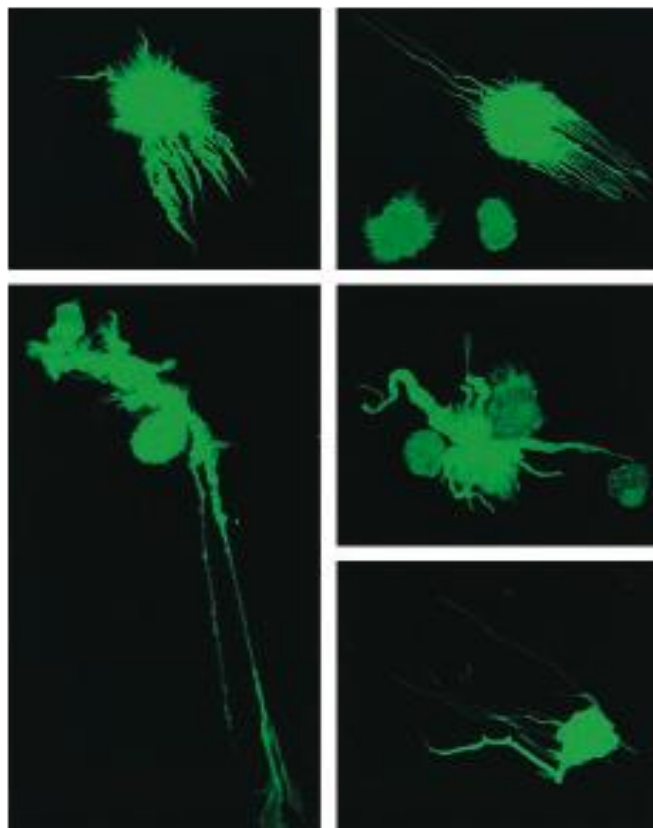


Figure 3. Expression of GFP in spleen- and bone marrow-derived dendritic cells. Dendritic cells were expanded *in vitro* for 7 days in the presence of GM-CSF. Bone marrow-derived dendritic cells (**top**) and spleen-derived dendritic cells (**bottom**) were photographed using fluorescence microscopy.

Figure 5 : Un exemple d'imagerie mettant en évidence la croissance de neurones grâce à l'utilisation d'une protéine fluorescente⁸

- La seule différence syntaxique entre la [Fig. 1] et la [Fig. 2] ci-dessus est la présence de couleurs dans la [Fig. 1].

- La différence syntaxique majeure entre la [Fig. 6] et la [Fig. 2] est que les traits de la [Fig. 2] sont de grosseurs différentes alors que ceux de la [Fig. 6] ont tous la même épaisseur.

⁸ Source: « Leukocytes Expressing Green Fluorescent Protein as Novel Reagents for Adoptive Cell Transfer and Bone Marrow Transplantation Studies », *American Journal of Pathology*, 158, 2001, 41-47.

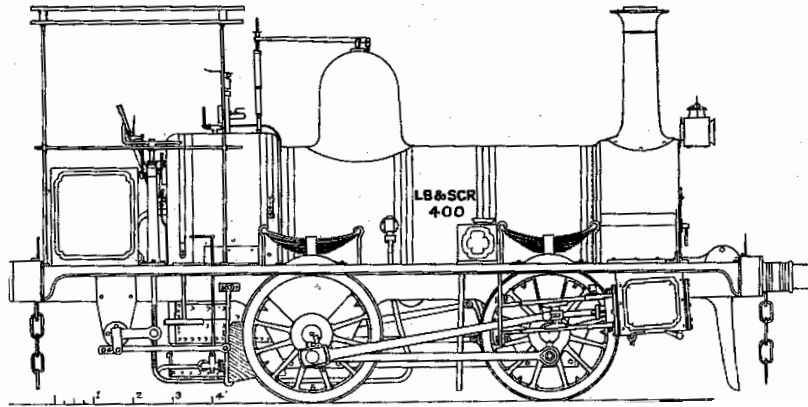


Figure 6 : Dessin d'ingénieur⁹

Les propriétés sémantiques des images sont celles qui leur permettent de transmettre des contenus en renvoyant à des éléments extérieurs à elles. Ainsi la [Fig. 1] et la [Fig. 2] ont-elles pour vocation de représenter un rhinocéros et la [Fig. 4] un être humain. De même que le langage permet de renvoyer de différentes façons à des éléments extérieurs, de même les images offrent-elles d'infinies possibilités de variations stylistiques. De même qu'une description peut être plus ou moins précise, de même une image peut-elle comporter plus ou moins de détails, comme le contraste entre la [Fig. 4] et la [Fig. 1] le fait ressortir clairement.

L'application du modèle linguistique à l'analyse des images ordinaires conduit à établir une classification sommaire, dont on verra plus loin quel bénéfice on peut en tirer pour l'analyse des images scientifiques. Selon les combinaisons de propriétés syntaxiques et sémantiques qu'elles instancient, les images tombent ainsi sous trois catégories principales :

(i) Images dont la signification dépend principalement de conventions : diagrammes (comme la [Fig. 7], qui représente un modèle théorique utilisé pour expliquer le comportement des chaînes de polymères en solution, introduit par Pierre-Gilles de Gennes dans les années 1980), icônes (comme la [Fig. 8], dont la seule différence avec la [Fig. 4], outre le cercle rouge, est que la représentation de l'être humain a été standardisée), idéogrammes et lettres. On peut remarquer que si l'on adopte cette classification, on a un argument en faveur de l'absence de rupture entre images et textes.

⁹ Source: John Willats, *Art and Representation: New Principles in the Analysis of Pictures*, Princeton University Press, 1997.

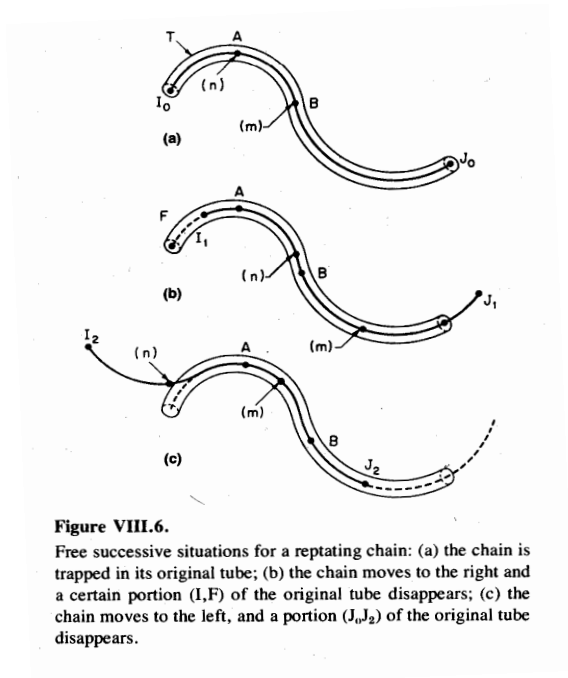


Figure 7¹⁰.



Figure 8 : Panneau de signalisation routière

(ii) Images dont la signification dépend des propriétés du système perceptif humain : schémas, dessins (comme la [Fig. 6] et la [Fig. 1]), tableaux figuratifs et photographies ordinaires (à savoir celles qui ne sont

¹⁰ Reproduit avec l'autorisation de Pierre-Gilles De Gennes, « Reptation of a polymer chain in the presence of fixed obstacles », *Journal of Chemical Physics*, 55, 1971, 572–579.

réalisées ni dans un but artistique, ni dans un but scientifique). Ces images ont en commun d'être facilement interprétées par le système visuel humain sans apprentissage ou après un apprentissage très court. La condition de leur efficacité à véhiculer des contenus est que le système visuel humain est capable de reconnaître sans effort une locomotive dans la [Fig. 6] et de reconstruire la perspective du château de Meudon en voyant la [Fig. 9]. Les schémas, dessins, tableaux figuratifs et photographies ordinaires tirent ainsi parti de la facilité que nous avons à reconnaître des objets en trois dimensions dans ces représentations en deux dimensions.

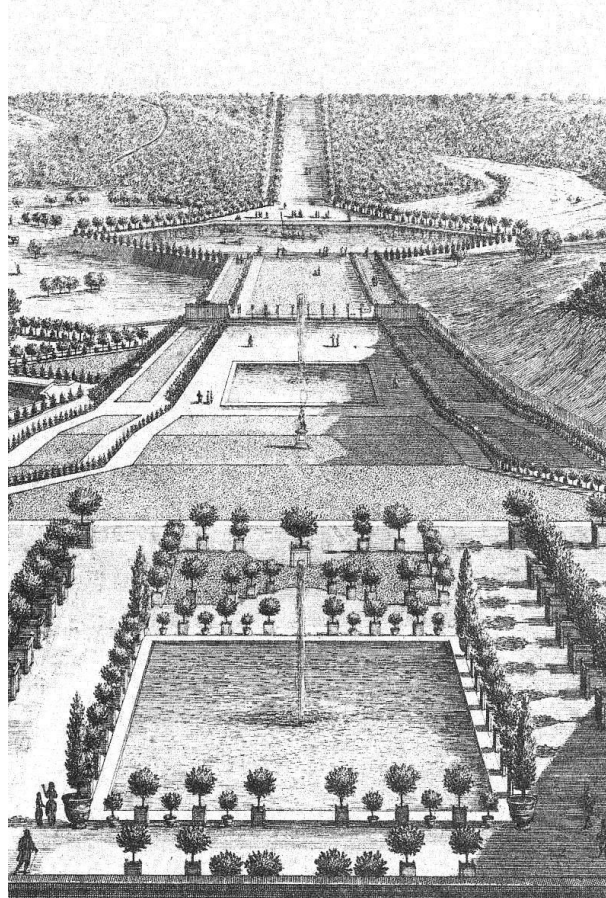


Figure 9 : Gravure d'Israël Silvestre, vue prise de la « Loggia » montrant la grande perspective du château de Meudon vers 1685.

(iii) Images issues de traces : relevés de mesure, photographies. Ces images sont issues d'interactions physiques systématiques et contrôlées ; elles ont pour but de nous renseigner sur un état passé du système qui en est à la source.

Comme on peut le deviner, ces catégories ne sont pas strictes : de nombreuses images instancient des combinaisons de ces différentes propriétés. Les images scientifiques, en particulier, contiennent souvent des lettres ou d'autres symboles qui contribuent de façon essentielle à la signification qu'elles portent dans le contexte des publications dans lesquelles elles s'insèrent, comme on le voit sur la [Fig. 7].

Pour finir, les propriétés pragmatiques des images sont relatives à leurs usages. Sans entrer dans les détails, on peut mentionner qu'une image scientifique, en particulier, possède souvent un sens fort différent pour un expert et pour un profane. En outre, sa signification est fortement dépendante du contexte dans lequel elle est présentée.

Représentation de faits, représentation d'hypothèses

Après avoir rappelé succinctement à partir de quels ingrédients il est possible d'analyser les images ordinaires, passons aux éléments qui concernent spécifiquement les images scientifiques. L'hypothèse qui guide cette section est que la distinction majeure qui doit être introduite au sein des images scientifiques afin d'analyser au mieux leurs usages est celle entre représentation de faits et représentation d'hypothèses. Un fait est un état du monde, auquel on a accès par l'observation, éventuellement aidée. Une hypothèse, en revanche, est une proposition que l'on suppose ou que l'on espère vraie du monde, mais sans que l'on ait de moyens sûrs et rapides pour évaluer sa vérité. Il arrive aussi que pour les besoins de la recherche scientifique l'on considère des propositions dont on sait qu'elles ne sont pas vraies, mais dont il est utile d'examiner les conséquences par comparaison avec d'autres propositions dont on pense qu'elles sont plus probablement vraies : c'est là le moteur de la démarche de modélisation.

Les techniques permettant la représentation de faits se sont considérablement développées au cours du XX^e siècle. Le statisticien E. Tufte en a fait une étude détaillée en montrant la diversité des moyens qui ont été inventés pour visualiser l'information collectée¹¹. L'une des difficultés majeures auxquelles se heurtent ces techniques est que souvent, les moyens scientifiques d'observation fournissent des quantités d'information considérables qu'il est impossible à l'esprit humain d'appréhender : il faut donc faire en sorte de transformer cette information pour l'adapter aux capacités spécifiques du système visuel humain. Les courbes et histogrammes, bien plus faciles à appréhender que des séries de nombres, font partie de ces techniques dont le but est de donner à voir de façon synoptique une grande quantité d'informations factuelles.

Les courbes et histogrammes sont loin d'être les seules techniques de visualisation de l'information, puisque l'on peut ranger dans cette catégorie tout ce qui relève de l'imagerie, à savoir des techniques permettant de visualiser des phénomènes inaccessibles à la vision humaine non aidée. Les techniques d'imagerie permettent de présenter sous forme d'images de

¹¹ Voir en particulier [Tufte 2001, 1990].

grandes quantités de données de mesure. Les inclure dans les moyens permettant la représentation de faits soulève bien entendu des difficultés, puisqu'elles contiennent des étapes d'analyse d'images qui reposent sur des hypothèses : il ne s'agit donc pas d'une pure et simple représentation de faits¹².

De façon plus générale, la distinction introduite entre représentation de faits et représentation d'hypothèses n'est pas elle-même factuelle, mais bien plutôt intentionnelle. Elle repose sur les buts des auteurs des images : s'ils ont l'intention sincère de représenter des faits, on classera l'image en question au sein des représentations de faits, même si l'on sait par ailleurs qu'elle ne peut l'être. Ainsi la [Fig. 1] et la [Fig. 3] se donnent-elles pour des représentations de faits ; l'observateur du XX^e siècle est cependant conscient qu'elles sont bien plutôt réalisées à partir de l'idée que se faisaient leurs auteurs des rhinocéros d'une part, des licornes de l'autre. Comme la [Fig. 1] et la [Fig. 3] permettent de le constater, il est possible de produire des images qui reposent à la fois sur l'observation et sur des hypothèses : elles sont aussi bien des représentations de faits que des représentations d'hypothèses, mais se donnent toutes deux exclusivement pour des représentations de faits.

La [Fig. 1] et la [Fig. 3] sont représentatives de la difficulté qu'il y a à introduire une distinction stricte entre représentations de faits et représentations d'hypothèses en raison de la dualité signalée ci-dessus. Il existe une autre raison encore de douter de la légitimité de cette distinction, que l'on peut exprimer par le slogan : « une image n'est jamais neutre ». On peut entendre cette affirmation comme signifiant que toute image produite reflète le point de vue de son producteur, sa vision du monde, les hypothèses qu'il défend, et plus généralement ses croyances. La neutralité des images vis-à-vis des opinions et croyances de leurs producteurs serait donc illusoire. Un argument en faveur de la thèse de l'absence de neutralité des images est que les physiologistes et psychologues de la vision ont montré depuis longtemps¹³ combien le cerveau participe à la construction de l'image du monde à laquelle nous avons accès par la vision : le cerveau humain ajoute de nombreux éléments à l'image qui se forme sur la rétine, la complète, reconstruit la forme des objets cachés. En bref, le cerveau construit et interprète en permanence les informations en provenance du champ visuel. De la même façon, un dessinateur et même un photographe mettent en scène les objets qu'ils veulent représenter, afin de susciter des interprétations de la part de ceux qui regardent leurs images. Un exemple courant se trouve dans la [Fig. 3] : l'ajout du sol et de l'herbe a pour but de susciter l'idée selon laquelle cet animal peut réellement être observé dans la nature. Mais la [Fig. 5] participe également d'une telle incitation à l'interprétation : ce sont les meilleurs clichés qui ont été choisis pour la publication, ceux qui laissent le moins de doute sur la réalité du phénomène qu'il s'agit de représenter, à savoir les modalités de la croissance des neurones dans la moelle épinière.

¹² Voir sur cet aspect [Israel-Jost 2009].

¹³ Pour une synthèse, voir par exemple [Farah 2000].

Une image n'est jamais neutre, donc. Cependant, pour ce qui concerne l'analyse des images scientifiques, il serait malvenu d'en rester à ce constat somme toute banal. Après avoir montré ses limites, j'en viens maintenant à défendre la distinction entre représentation de faits et représentation d'hypothèses introduite ci-dessus. Comme je l'ai indiqué, il est particulièrement important, dans le contexte scientifique, de prendre en compte le fait que c'est avant tout l'intention de représenter des faits, ou des hypothèses, qui définit l'image en question comme une représentation de faits ou une représentation d'hypothèses. Cette intention est en général clairement indiquée dans la légende de l'image en question ainsi que dans le texte de la publication dans laquelle elle s'insère. C'est seulement une fois prise en compte cette intention, et une fois admis par défaut le présupposé de la sincérité du producteur de l'image, qu'il est possible d'examiner celle-ci de façon critique, et de déceler éventuellement quelles hypothèses implicites viennent transformer son statut et la faire passer d'une représentation de faits à une représentation d'hypothèses. Une telle critique ne peut être conduite de façon efficace qu'à la condition de disposer des connaissances pertinentes. Par exemple, pour critiquer la [Fig. 1], il est nécessaire de posséder des connaissances sur l'aspect visuel des rhinocéros ; pour la [Fig. 5], il est nécessaire de posséder des connaissances sur la croissance des neurones, mais aussi sur les techniques utilisées pour obtenir ces images (modification génétique de l'organisme étudié par l'introduction d'un gène synthétisant une protéine fluorescente à l'endroit désiré, et technique de la microscopie par fluorescence).

Conclusion

Si l'on considère que les images scientifiques participent authentiquement de la constitution des connaissances, et qu'elles ne sont pas de pures et simples illustrations subordonnées au texte, alors il peut être utile et fécond de les analyser de la même façon que l'on analyse les textes. L'hypothèse selon laquelle les images peuvent être des véhicules de contenus propositionnels permet de rendre justice aux usages nombreux des images dans l'activité scientifique. Au sein des images scientifiques, la distinction entre représentation de faits et représentation d'hypothèses, même si elle n'est pas stricte, semble autoriser non seulement une première classification, mais encore la possibilité de considérer les images d'un point de vue critique, ce qui est la condition de leur utilité pour l'enquête scientifique.

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement Amirouche Moktefi pour sa patience et ses encouragements, Catherine Allamel-Raffin pour l'intérêt qu'elle porte à mon travail, ainsi que Marion Vorms et Vincent Israel-Jost pour leur relecture attentive et stimulante.

Bibliographie

- Anouk Barberousse et Laurent Pinon, « Images scientifiques : un autre regard sur la connaissance », *L'épistémologie et l'histoire des sciences*, coordonné par Bernard Joly (collection « L'école des philosophes », 9), Lille, CRDP, 2005, p. 83-100.
- Martha J. Farah, *The Cognitive Neuroscience of Vision*, Malden, MA, Blackwell, 2000.
- Nelson Goodman, *Langages de l'art : Une approche de la théorie des symboles*, trad. fr. Hachette, 2005.
- Vincent Israel-Jost, « Analyse des images scientifiques par le concept d'observation », *Protée*, vol. 37, 2009.
- Andrew Inkpin, « The Nonconceptual Content of Painting », *Proceedings of the European Society for Aesthetics*, n° 2, 2010, 209-223.
- John Kulvicki, *On Images: Their Structure and Content*, Oxford: Clarendon Press, 2006.
- Dominic McIver Lopes, *Understanding Pictures*, Oxford: Oxford University Press, 1996.
- Laura Perini, « Convention, Resemblance and Isomorphism: Understanding Scientific Visual Representation », in *Multidisciplinary Approaches to Visual Representations and Interpretations*, éd. par Grant Malcom, Elsevier, 2004.
- Laura Perini, « Explanation in Two Dimensions: Diagrams and Biological Models », *Biology & Philosophy*, 20(2-3), 2005, 257-269.
- Laura Perini, « The Truth in Pictures », *Philosophy of Science* 72(1), 2005, 262-285.
- Laura Perini, « Visual Representations and Confirmation », *Philosophy of Science* 72(5), 2005, 913-926.
- Laurent Pinon, *Livres de Zoologie de la Renaissance, une anthologie (1450-1700)*, Klincksieck (Corpus iconographique de l'histoire du livre, vol. 2), 1995.
- Laurent Pinon, « Conrad Gessner and the Historical Depth of Renaissance Natural History », *Historia, Empiricism and Erudition in Early modern Europe*, éd. par Gianna Pomata & Nancy Siraisi, Cambridge Mass., The MIT Press, 2005, p. 234-269.
- Laurent Pinon, « Le livre scientifique aux débuts de la période moderne », introduction et direction d'un dossier thématique de sept articles dans les *Mélanges de l'École Française de Rome – Italie et Méditerranée*, 120-2 (2008), p. 339-342 (et p. 343-472 pour le dossier).
- Flint Schier, *Deeper into Pictures*, Cambridge : Cambridge University Press, 1986.
- Sun-Joo Shin, *The Logical Status of Diagrams*, Cambridge : Cambridge University Press, 1994.
- Edward R. Tufte, *The Visual Display of Quantitative Information*, Graphic Press, 2e édition, 2001.
- Edward R. Tufte, *Envisioning Information*, Graphic Press, 1990.

Biographie

L'auteure est professeure d'histoire et de philosophie de la physique à l'Université Lille 1 et membre de l'UMR STL. Ses travaux actuels portent sur l'épistémologie des simulations numériques.

L'iconographie du volcan à la croisée des disciplines : représentations savantes et vues pittoresques dans la Dation Krafft

Bettina BÉLANGER
Université de Strasbourg
Université Blaise Pascal (Clermont Ferrand)

Résumé : L'imagerie volcanique se déploie principalement dès la seconde moitié du XVIII^e en corrélation avec les découvertes scientifiques de la période. Naples et le Vésuve sont au cœur de cette nouvelle thématique chère aux artistes et voyageurs du *Grand Tour*. William Hamilton en Italie et Alexander von Humboldt en Amérique du Sud étudieront les volcans les plus emblématiques et diffuseront les connaissances acquises par le biais d'ouvrages abondamment illustrés.

Abstract: The volcanic imagery expands mainly from the second half of the XVIIIth century in correlation with the scientific discoveries of the period. Naples and Vesuvius are in the heart of this new favorite theme to the artists and the travelers of the *Grand Tour*. William Hamilton in Italy and Alexander von Humboldt in South America will study the most symbolic volcanoes and spread the knowledge acquired by means of works abundantly illustrated.

Le volcan semble être de par sa nature un sujet scientifique. Mais sa seule présence sur un document est-elle suffisante pour attester de la scientificité de ce dernier ? La variété de ses représentations iconographiques aux formes complexes, prenant part ou non à l'illustration des premiers ouvrages des pionniers de la volcanologie, permet d'interroger les différents aspects de l'image scientifique et le rôle joué par le regard du destinataire. La redécouverte des cités de Pompéi et d'Herculanum ensevelies par les cendres du Vésuve, et sa reprise d'une forte activité, favorisent une approche plus objective du phénomène volcanique. Voyageurs, savants et artistes tenteront chacun à leur manière, d'expliquer ces montagnes de feux grâce à une observation directe aboutissant à la création d'une vaste production d'œuvres. Des planches dessinées restituant fidèlement une coupe, aux gravures et

peintures évoquant simplement un paysage, l'image va jouer un rôle dans l'évolution de la pensée scientifique.

Convaincu de la difficulté de donner, par de simples paroles, une idée vraie du pays curieux que j'ai décrit, particulièrement à ceux qui n'ont point eu l'occasion de visiter cette partie de l'Italie, j'ai employé le sieur Pierre Fabris, natif de la Grande-Bretagne, artiste très ingénieux et des plus habiles, à faire des dessins de chaque vue intéressante dont il est parlé dans mes lettres¹.

Traduire ce qui est vu ne peut plus se faire avec de simples mots. Ainsi William Hamilton (1730-1803) dans *Les Champs Phlégréens* [Hamilton 1776], et *Les Suppléments aux Champs Phlégréens* [Hamilton 1779], et Alexander von Humboldt (1769-1859) pour le *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent* [Humboldt 1807] emploieront largement l'image pour compléter leurs écrits avec beaucoup d'efficacité. Deux volcans, le Jorullo et le Vésuve, d'après des documents issus du fonds² réuni par les volcanologues Katia et Maurice Krafft, seront pris ici en exemple. Bien que l'étude du volcan italien soit antérieure, il est intéressant de souligner qu'au moment même où Humboldt décrit le Jorullo d'une manière savante, le Vésuve se détache de ce contexte en devenant un objet décoratif de souvenirs, par le biais des gouaches napolitaines, révélant ainsi les limites de l'image scientifique.

Le Jorullo

La gravure, *Volcan de Jorullo*³ [fig. 1], extraite d'un des tomes du *Voyage* consacré aux *Vues des Cordillères* [Humboldt 1810 b] a été réalisée d'après une esquisse peinte par Humboldt sur le motif, puis reprise par Gmelin à son retour. En Europe les artisans du livre accordent une attention toute particulière à leurs travaux proportionnellement à l'importance de la publication :

M. Gmelin, artiste justement célèbre par son talent [...] je dois en grande partie à ses soins ce qui, dans cet ouvrage, pourroit ne pas paroître tout à fait indigne de fixer l'intérêt du public [Humboldt 1810 b : 110].

¹ William Hamilton, « Lettre au chevalier Pringle, président de la Société Royale de Londres », in [Krafft 1991 : introduction].

² Dation Krafft, 10980 documents (800 livres anciens, 9698 livres, 425 gravures et gouaches, 56 tableaux), Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.

³ *Volcan de Jorullo*, dessiné par Gmelin, d'après une esquisse de Humboldt, gravé par Bouquet, 1810-1812, pl. XLIII (détail), Collection de la BNU, Strasbourg, et MNHN.IC.KR.8.



Fig. 1

Le Jorullo, volcan mexicain très récent⁴, est entré en éruption brutalement en 1759. Lorsqu'Humboldt visite les lieux, en 1803, la région est encore fumante et les eaux chaudes. Dans cette première vue, le volcan est présenté dans son cadre naturel, laissant s'échapper quelques fumerolles.

⁴ Situé sur la ceinture volcanique transmexicaine, cette ligne est parsemée d'édifices volcaniques dans un axe est-ouest. Depuis, en 1943, dans la même zone, le Paricutin devait surgir d'une façon identique.

Quatre personnages prennent part à la scène : Humboldt et Bonpland⁵ (reconnaissables à leurs costumes et hauts de forme) accompagnés par deux autochtones entourés d'une multitude de petits cônes au bord d'une cascade. A cet instant précis, le texte doit prendre le relais pour nous faciliter la compréhension :

La Planche dont je vais donner l'explication rappelle une des catastrophes les plus remarquables qu'offre l'histoire physique de notre planète. [...] Le volcan de Jorullo est situé, d'après mes observations, [...] à l'ouest de la ville de Mexico, à 36 lieues de distance de l'Océan. Il a 513 mètres (263 toises) d'élévation au-dessus des plaines voisines. Sa hauteur est par conséquent triple de celle du Monte Nuovo de Pouzzoles qui est sorti de terre en 1538. Mon dessin représente le volcan de Jorullo (Xorullo ou Juruyo), environné de plusieurs milliers de petits cônes basaltiques, tel qu'on le voit lorsqu'on descend d'Areo et des collines d'Aguasarco, vers les cabanes indiennes des *Playas* [Humboldt 1810 b : 242-243].

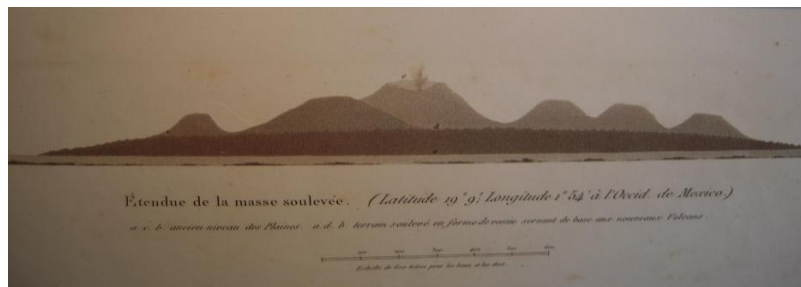


Fig. 2

Humboldt compare ce phénomène curieux au volcan italien qui avait jailli en une seule nuit et indique que les profils de l'*Atlas* [Humboldt 1814] permettront de « saisir plus facilement toutes ces différences de niveau » [Humboldt 1810 b : 243] du paysage modifié. Une planche mixte, composée de trois parties, permet de comprendre que les chutes d'eau sont en réalité des résurgences de rivières. L'image supérieure, *Le terrain soulevé vu de l'ouest*⁶, apparaît tel que dans la planche dessinée, cependant de façon réduite et simplifiée ; au bas *Étendue de la masse soulevée*⁷ [Fig. 2], coupe légendée du Jorullo ; encadrent un plan détaillé. Ce profil permet de discerner les anciens cours du San Pedro et de la Cuitimba, engouffrés par l'éruption, altérant ainsi la structure du sol de l'ancienne plaine. « Les épanchements

⁵ Aimé Bonpland (1773 -1858), chirurgien de marine et botaniste français, participe à l'expédition.

⁶ *Volcan de Jorullo, étendue de la masse soulevée*, esquissé par Humboldt, gravé par P. Tardieu fils, 1810, pl. XXIX.

⁷ Même planche (XXIX), partie basse (détail), Collection de la BNU, Strasbourg, et MNHN.IC.KR.95.

volcaniques explosent au contact de l'eau » [Krafft 1991 : 93] formant *Los Hornitos*⁸, cônes truffés de boules de basalte, suite à la violente réaction chimique. Sans ces informations rigoureuses, un novice ne saurait interpréter toutes les informations contenues dans ces motifs et « faire la différence entre le lisible et le visible » [Jurdant 1993 : 27]. Humboldt analyse encore le Jorullo dans les volumes de l'*Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle-Espagne* [Humboldt 1811] et le *Recueil d'Observation Astronomique* [Humboldt 1810 a] donnant des détails précis sur les mesures, les roches, les végétaux, mais relatant aussi son ascension jusqu'au cratère ou quelques légendes dérivées du poème de Landivar. Selon Jean-Paul Duviols, il n'est pas étranger à cette « Révolution visuelle » [Duviols, Minguet 1994 : 132] à laquelle il participe en équilibrant harmonieusement récits et illustrations dans ses œuvres. Humboldt suscitera également la parution de nombreuses études géographiques et de multiples voyages pittoresques qui eurent beaucoup de succès par rapport aux guides secs que préconisait Stendhal. Après 1805, s'étant rendu, à plusieurs reprises au Vésuve, il aura l'opportunité de renouveler « les expériences [...] faites autrefois dans les montagnes du Mexique » [Duviols, Minguet 1994 : 67].

Le Vésuve et les gouaches napolitaines

Relativement plus accessible, le Vésuve est l'objet d'étude privilégié par William Hamilton, ambassadeur du roi d'Angleterre à Naples. Ses observations précises permettent d'ailleurs de lever les hésitations des scientifiques à propos des volcans et de leurs origines ignées et non sédimentaires. En voyant la lave continuer sa course dans l'eau de mer, il pense à la théorie de Lavoisier, selon laquelle le feu a besoin d'oxygène, et comprend à l'instar de son ami Déodat de Dolomieu, défenseur du plutonisme, qu'il n'y a pas de combustion souterraine. Sa première publication sur les phénomènes volcaniques de la Campanie, *Les Champs Phlégréens*, dont la renommée doit beaucoup aux illustrations de Pietro Fabris, ouvre la voie aux peintures vésuviennes réalisées à la gouache. Ce nouveau thème du volcan, déjà amplement développé par Voltaire dans ses tableaux, sera appelé à un vif succès. Dans le sillage des *Champs* « une demande se crée et des peintres [...] commencent à produire les gouaches napolitaines » [Decobecq 1995 : 17]. Ces modèles du Vésuve, en petit format et à moindre coût, connaîtront une postérité significative. Œuvres isolées, elles seront dorénavant uniquement accompagnées d'une brève indication concernant la date de l'éruption représentée. Différents cadrages, depuis le port ou au plus près du cratère, permettront de déployer le sujet, contribuant à l'expansion du genre. Malgré des constantes attrayantes - éruptions au clair de lune et ses reflets lacustres, activités explosive ou effusive, personnages miniaturisés ombrés de rouge - la composition évoluera sensiblement au XIX^e siècle, aboutissant parfois à d'étonnants diptyques donnant à voir la

⁸ Les petits fours ; ressemblant selon Humboldt à des fours de boulangers, voir également [fig. 1].

même éruption de jour et de nuit. Les spécialistes du Vésuve, comme les artistes anonymes, privilégieront les effets renforcés pour satisfaire leur clientèle.

Les éruptions de 1779 et de 1822

L'éruption du 8 et 9 août 1779 [Fig. 3] fut si imposante qu'Hamilton publia un complément aux *Champs Phlégréens*⁹. Sur la gouache attribuée à Alessandro d'Anna, *Éruption du Vésuve en 1779*¹⁰, le moment choisi est celui de la seconde phase éruptive, le lendemain. Uniquement réalisée en 1793, soit quatorze ans après l'éruption - ce laps de temps correspondant à un intervalle de repos avant la spectaculaire éruption de 1794 - on peut supposer qu'à cette date, le motif de 1779 était encore largement utilisé. Le panorama proposé débute du côté gauche, où le *Castel dell'Ovo* se laisse partiellement deviner, tandis qu'au premier plan, la jetée et quelques pêcheurs donnent une échelle approximative, indirecte, à l'ensemble. Le volcan est dépeint au loin, dans une scène de la vie quotidienne, les voiles blanches des bateaux faisant écho au panache du Vésuve. L'éruption symbolisée par deux champignons explosifs successifs est élégamment traitée dans des tons clairs et soyeux : probablement à cause de ce rendu délicat est-elle attribuée à Alessandro d'Anna, élève de Saverio Della Gatta¹¹. Si l'intérêt pédagogique de ces œuvres est aujourd'hui certes un peu dépassé, en revanche leur importance documentaire n'est pas négligeable. Parfois réalistes, elles participent à la reconstitution de la périodicité des éruptions.

⁹ Voir pl. II et III du supplément.

¹⁰ Alessandro d'Anna (attribué à), *Éruption du Vésuve en 1779*, 1793, gouache sur papier, 31 x 42 cm, Dation Krafft, Bibliothèque centrale du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, MNHN.OA.KR.19.

¹¹ Dans la Dation Krafft se trouve une œuvre de cet artiste. Saverio Della Gatta, *Éruption du Vésuve en 1794*, 1794, gouache sur papier, 69 x 54 cm, Dation Krafft, Bibliothèque centrale du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, MNHN.OA.KR.24, [Krafft 1991 : 50] illustration.



Fig. 3- gouache attribuée à Alessandro d'Anna, *Éruption du Vésuve en 1779*
© Bibliothèque centrale du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris

Pietro Fabris, pour les Champs Phlégréens, fournit la matière première non seulement pour les géologues dans toute l'Europe mais aussi pour beaucoup d'artistes devant peindre pour la première fois un volcan en éruption¹² [Murphy 1978 : 4].

Les peintres peuvent apparaître comme précurseurs des sciences naturelles. Pourtant, les recherches géologiques contextuelles confèrent une véritable dimension scientifique à leurs créations. À partir des années 1820, George Poulett Scrope va jeter les bases de la volcanologie moderne et contribuer à mettre en évidence le rôle joué par les gaz qui, comprimés par le poids des roches pesant sur eux, sortent du magma à la moindre baisse de pression :

L'éruption du Vésuve en octobre 1822, qui était particulièrement fertile en phénomènes intéressants, offre aussi un exemple du déchirement de la montagne. Le cratère ou plutôt l'abîme laissé par cette éruption est elle-même une énorme fissure cassée en travers du cône dans une direction N.O.-S.E.¹³ [Scrope 1825 : 155].

¹² « Pietro Fabris, for Campi Phlegraei provided source material not only for geologists throughout Europe but also for many artists faced with painting an erupting volcano for the first time. ».

¹³ « The eruption of Vesuvius in October, 1822, which was peculiarly fertile in interesting phenomena, offers also an example of this rending of the mountain. The

Gioacchino La Pira, dans la vue de jour de son diptyque, *Éruption du Vésuve en 1822*¹⁴, respecte les découvertes avancées par Scrope en peignant cette fissure sur le flanc du volcan par laquelle s'échappe un second souffle volcanique. Cette éruption de 1822 sera aussi analysée par Nicola Covelli et Teodoro Monticelli [Covelli, Monticelli 1822] qui étudieront également la chimie des gaz éruptifs. Elle succède à celle de 1820, plus calme car effusive, qui avait permis de s'approcher des coulées de lave. En 1841, Monticelli recommande d'ailleurs d'édifier sur les pentes du volcan, à mi-hauteur, le premier observatoire volcanologique au monde.

Conclusion

Le volcan semble être le lieu idéal de la rencontre entre artistes et scientifiques, chacun partageant un sens aigu de l'observation. Néanmoins l'imagerie volcanique diffère en fonction de sa destination : gravures pour les ouvrages d'Alexander von Humboldt aux savoirs encyclopédiques, ou mode des tableaux-souvenirs du voyageur de la cité napolitaine dans la lignée des œuvres de William Hamilton et Pietro Fabris. Ces deux savants ont tous deux apporté de nombreuses contributions aux découvertes volcanologiques. Hamilton est le premier à avoir distingué le Vésuve du Mont Somma et expliqué l'hydromagmatisme, non encore nommé ainsi, favorisant les éruptions pliniennes en forme de pin parasol tragiquement célèbres. Humboldt n'étudia pas seulement le volcan de Jorullo, mais entre autres le Chimborazo, dont il réalisa l'ascension à la plus haute altitude jamais atteinte à son époque. Les collections de la Dation Krafft ont été réunies sous cette même optique, alliant à la fois sensibilité artistique et professionnalisme scientifique. Elles permettent d'informer sur les risques volcaniques avec des supports visuels variés, témoins d'impressions nuancées du ressenti de l'être humain face aux éruptions et de « revivre la merveilleuse progression d'une science au cours des siècles » [Féraud 1992 : 15].

Remerciements

Que soient ici remerciés pour leur aide précieuse et leurs conseils avisés, Madame le Professeur Dominique Bertrand (Clermont Ferrand), Monsieur le Professeur Martial Guédron (Strasbourg), Monsieur le Professeur José Honnorez (Strasbourg) ; Madame Catherine Allamel-Raffin et Monsieur Amirouche Moktefi, organisateurs du colloque de Strasbourg ; Madame Michelle Lenoir, Directrice des bibliothèques et de la

crater or rather chasm left by that eruption is itself an enormous fissure broken across the cone in a direction N.W.-S.E. ».

¹⁴ Gioacchino La Pira, *Éruption du Vésuve en 1822, le jour*, 1822, gouache sur papier, 72 x 51 cm, Dation Krafft, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, MNHN.OA.KR.30, [Krafft 1991 : 103] illustration. Son pendant, *Éruption du Vésuve en 1822, la nuit*, 1822, gouache sur papier, 72 x 51 cm, Dation Krafft, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, MNHN.OA.KR.7, [Krafft 1991 : 102] illustration (détail).

documentation, Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris) et ses collaboratrices, Monsieur Frédéric Blin, Directeur de la conservation et du patrimoine, Bibliothèque Nationale Universitaire (Strasbourg) ainsi que l'ensemble de ses services.

Remerciements particuliers à Monsieur le Professeur Bertrand Krafft et Madame.

Bibliographie

Nicola Covelli, Teodoro Monticelli, *Observations et expéditions faites au Vésuve pendant une partie des années 1821 et 1822*, Naples, Gabinetto Bibliografico e Tipografico, 1822.

Dominique Decobecq, « Les gouaches napolitaines », *L.A.V.E.*, n° 58, 1995.

Jean-Paul Duviols, Charles Minguet, *Humboldt savant-citoyen du monde*, Paris, Gallimard, 1994.

Jean Féraud, « La bibliothèque d'un historien de la volcanologie », *L.A.V.E.*, n° 35, 1992.

William Hamilton, *Campi Phlegraei : observations on the volcanos of the Two Sicilies as they have been communicated to the Royal Society of London*, Naples, 1776.

William Hamilton, *Supplement to the Campi Phlegraei : being an account of the great eruption of Mount Vesuvius in the month of August 1779*, Naples, 1779.

Alexander von Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804 par A. de Humboldt et A. Bonpland, rédigé par Alexandre de Humboldt*, Grande édition, Paris, Schoell, Dufour, Maze et Gide, 1807 et années suivantes, 30 tomes.

Alexander von Humboldt, *Recueil d'observations astronomiques, d'opérations trigonométriques et de mesures barométriques*, Paris, Schoell, 1810 a, 2 tomes.

Alexander von Humboldt, *Vues des Cordillères, et des monumens des peuples indigènes de l'Amérique*, Paris, Schoell, 1810 b.

Alexander von Humboldt, *Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle-Espagne*, Paris, Schoell, 1811, 2 tomes.

Alexander von Humboldt, *Atlas géographique et physique du nouveau continent*, Paris, Schoell, 1814.

Baudouin Jurdant, « La science est-elle spectaculaire ? », *Les scientifiques et le spectacle de la science*, actes de la IV^e Rencontre Internationale GERSULP réunis par Élisabeth Bacon, Strasbourg, Jardin des Sciences, 1993.

Maurice Krafft, *Les feux de la Terre, Histoires de volcans*, Paris, Gallimard, 1991.

Rafael Landivar, *Rusticatio Mexicana*, Modène, Mutinae, 1781.

Alexandra R. Murphy (éd.), *Visions of Vesuvius*, cat. expo., [Boston, Museum of Fine Arts], Boston, Museum of Fine Arts, 1978.

George Poulett Scrope, *Considerations on volcanos : the probable causes of their phenomena, the laws which determine their march, the disposition of*

Bettina BÉLANGER

their products and their connexion with the present state and past history of the globe ; leading to the establishment of a new theory of the earth, Londres, W. Phillips, 1825.

Biographie

Bettina Bélanger est doctorante en Histoire de l'art, sous la codirection de Madame le Professeur Dominique Bertrand (Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand) et de Monsieur le Professeur Martial Guédron (Université de Strasbourg). Son sujet de thèse porte sur l'iconographie du volcan, entre art et sciences aux XVIII^e et XIX^e siècles, et plus particulièrement sur les collections volcanologiques de la Dation Krafft.

Images scientifiques, méréologie, couleur. Une mise à l'épreuve du postulat de l'*exploration*

Anne BEYAERT-GESLIN
CeReS, Université de Limoges

Résumé : L'article propose une définition particulière de l'image scientifique, la considérant comme une étape dans l'expertise d'un objet. Cette conception l'amène à comparer les dessins d'un mémoire de restauration d'une œuvre d'art et les images de bagage prises par la sûreté aéroportuaire. Il discute le mode de construction de ces images et se concentre sur la fonction de la couleur.

Abstract: The article puts a particular definition of the scientific image forward and considers it a phase of an object valuation. Given that idea of the concept, it compares the drawings included in a restoration dissertation and the images of luggage provided by aerial safety, discusses their organisation and focuses on the function of colour in them.

Le postulat de l'ANR IDiViS fut de définir l'image scientifique, non pas sur un *domaine* tel que l'astrophysique ou la biologie par exemple, mais selon une modalisation de la perception. Ne pouvant procéder à l'*observation* d'un objet situé hors de sa portée, inaccessible car trop petit ou trop éloigné dans le temps, cette image procède à son *exploration* (Fontanille ; 2007). L'*exploration* se laisse ainsi décrire comme un dépassement de l'*observation* par modification de la proportion (grand/petit) et par un changement de mode d'existence (processuel, substantiel) qui permet d'identifier, de « récupérer » l'objet à un autre niveau d'*exploration*. Pour visualiser l'invisible, l'image scientifique mobilise donc un dispositif technique spécifique qui détermine ses composantes (couleurs, formes, textures) et délimite précisément ses fonctions. Elle se laisse dès lors décrire comme une *image construite* qui, dans la correspondance avec le monde naturel, interpose ce dispositif technique qui reformule la relation à la vérité désormais envisagée, non plus

comme un accord entre l'image et ce qui *est*, mais comme un accord « *avec ce qui par elle fait image* » (Bordron ; 2005)¹.

Mais une remarque s'impose dès l'abord. En effet, si notre définition de l'image scientifique renvoie avant tout à une modalisation de l'observation, on peut se demander si cette description ne circonscrit pas tout de même un territoire en faisant la part des images anciennes tenues à l'extériorité et des images actuelles susceptibles de mobiliser des technologies invasives. A cette aune, l'image de l'astrophysique produite par les technologies contemporaines serait une image scientifique mais celle des sciences naturelles d'hier n'en serait pas. Ainsi, non seulement le critère de l'exploration tend à redistribuer les valeurs à l'intérieur du champ des pratiques reconnues comme scientifiques (les images invasives seraient des prototypes, les images tenues à l'extériorité seraient des antitypes), mais il permet aussi d'admettre des représentations issues de pratiques étrangères au domaine, par exemple des images d'objets d'art, pourvu qu'elles requièrent un dispositif de visualisation faisant effraction dans l'objet pour le destituer de son statut artistique et en faire un *objet scientifique*. On adopte alors une toute autre approche de l'image scientifique et, au lieu de se concevoir comme un arrêt dans un défilement d'images scientifiques, celle-ci apparaît comme une étape dans l'expertise d'un objet abordé comme une boîte ouverte. Les images scientifiques ainsi produites assument le double rapport à l'exploration envisagé par Fontanille (2007), comme modification de la proportion et modification du mode d'existence.

Je voudrais éprouver l'hypothèse d'une définition par la modalisation de l'observation en mettant à l'épreuve deux exemples d'images scientifiques *assimilées* : celles d'un mémoire de fin d'étude de Juliette Fayein restituant l'expertise de restauration d'une œuvre de Patrick Van Cackenbergh² d'une part, et les radiographies de bagages par le dispositif de sécurité aérien d'autre part. Pour cet examen, on étudiera le mode d'organisation des images scientifiques d'une part et l'utilisation de la couleur d'autre part. Une image scientifique n'est pas unique, mais réfère nécessairement à d'autres pour constituer des séries. De plus, l'examen de cette caractéristique tend à révéler le rôle de la couleur comme *instrument de visualisation* et de *manifestation* des propriétés de l'objet, qui *réalise* les conditions épistémiques du visible et autorise l'attestation des faits.

¹ Si le projet de l'image scientifique consiste à faire voir ce que l'œil ne voit pas, il prolonge donc, en le spécialisant, celui de la photographie qui, à la fin du XIX^e siècle, s'attachait à construire le savoir à partir de l'instrumentalisation du voir. Différents historiens ont commenté une bifurcation de la finalité de la photographie qui fut scientifique avant d'être artistique. On se reportera à Sicard (1995) ; Jean-Claude Lemagny et André Rouillé (1998) et Michel Frizot (2001).

² Il s'agit d'un mémoire de fin d'étude de l'Ecole Supérieure des Beaux-Arts de Tours, cycle conservation-restauration des œuvres sculptées, soutenu en mai 2007. Il est consacré à la restauration de l'œuvre *De Kakstoel* de Patrick Van Cackenbergh, matériaux divers, 1993, Collection du Frac des Pays de Loire, Carquefou.

Image scientifique vs image artistique

Une image scientifique n'est jamais unique. Pour argumenter cette propriété, une toute première approche amènerait à la distinguer de l'image artistique pour laquelle une tension entre l'unique et le multiple doit être évoquée avec d'innombrables nuances. En guise de contribution à un débat qui excède le cadre de cet article, on préciserait que, non seulement l'image artistique doit être reliée aux autres images de son époque pour autant qu'elle participe à ce questionnement scientifique et artistique décrit par Baxandall (2000), mais qu'un questionnement transversal, transhistorique, la relie en outre aux œuvres d'autres époques. C'est cette instanciation collective que trahissent les erreurs d'attribution qui nous amènent à confondre certaines compositions cubistes de Picasso à Braque, parce que l'influence est mutuelle et que chacun a trouvé ce qu'il cherchait chez l'autre, mais à confondre également certaines toiles de Picasso avec celles du Greco pourtant largement antérieures, parce que le peintre des Demoiselles d'Avignon a prolongé un questionnement ancien.

Mais l'image artistique recherche aussi une communauté plus large qui se manifeste notamment par le style au sens de Wölfflin (1992) ou par la transversalité iconologique. Engagée dans le mouvement de développement du motif, l'image artistique entre en relation avec les images d'autres époques, mais se trouve de surcroît confrontée à la polyphonie des genres, tous susceptibles de se refléter dans un métadiscours artistique dont le motif pourra être un support privilégié. C'est précisément dans cette capacité à réfléchir toutes les autres images, à ouvrir d'autres possibles pour d'autres genres, d'autres pratiques et statuts que l'image artistique semble se démarquer et manifester sa disposition communautaire.

Cependant, si l'image artistique rejoint la communauté des images, elle manifeste toujours un effort de dépassement de la communauté constituée qui se manifeste aussi bien dans une capacité à « surenchérir » dans le débat que dans le principe même du métadiscours, dans sa capacité à se discuter elle-même. Dès la sémantisation et avant que ne soit évoqué l'autotélisme de l'implémentation, une instanciation individuelle la presse de « prendre les devants » pour ainsi dire. Ainsi, sur l'arrière-plan communautaire, resurgit une tension singularisante.

Si l'image artistique témoigne donc d'une tension entre le multiple et l'unique qu'il faudrait sans doute argumenter davantage, l'image scientifique méconnaît l'unicité et s'inscrit nécessairement dans une continuité qui apparaît sous deux formes principales.

Tout d'abord comme une propriété inhérente à la *pratique* sémiotique en général, qui relie toujours actions et textes résultant de ces actions pour les ordonner selon une finalité spécifique. Différents niveaux de *pratique* témoignent de cette convergence directionnelle sous la forme d'un rapport englobant/englobé. Le premier niveau correspond toujours au *cours de la vie* d'un sujet. Il réfère alors à une *énonciation personnelle*, c'est-à-dire organisée et sémantisée selon le cours de la vie d'une personne. Si le sujet s'adonne à une pratique de laboratoire, cette pratique spécifique s'inscrit,

avec sa finalité propre, dans le cadre de la pratique personnelle. Latour et Woolgar (1988) ont souligné que ces pratiques de laboratoire sont loin d'être uniformes et témoignent au contraire d'actions aussi diverses que le nourrissage des animaux, la manipulation des éprouvettes et la rédaction des articles, ce qui suscite un repositionnement éthique perpétuel de la part du sujet. Bien qu'elle se laisse moins clairement définir, la continuité existentielle qui relie toutes les pratiques au travers de l'exigence éthique pourrait d'ailleurs tenir lieu d'isotopie principale subsumant toutes les isotopies locales.

Reliée à d'autres dans le parcours individuel, l'image scientifique se trouve aussi connectée à d'autres dans les pratiques collectives, et en tout premier lieu dans la vie de laboratoire. Elle s'inscrit dans une continuité existentielle, celle des pratiques individuelles et collectives, et c'est sur cet arrière-plan stratifié que s'inscrivent les pratiques contemporaines de visualisation des laboratoires.

L'imagerie constitue des chaînes d'images qui témoignent des compréhensions multiples de l'objet, d'hypothèses de travail, d'approximations ou de repentirs. Elle produit ainsi de multiples plans d'expression qui prennent sens selon la finalité de la pratique locale en même temps que dans la continuité du sens de la vie du scientifique. Au demeurant, ces approximations reflètent la *continuité active* des pratiques, mais présentent la particularité de conserver pour elles des images qui se trouvent dès l'abord soustraites à l'analyse.

En effet, une bonne part des *visualisations* reste alors hors d'atteinte pour l'analyste, à moins d'être offerte à la validation de la communauté scientifique sous la forme des *images-bilan* données comme résultats. Latour et Woolgar ont noté que la production d'images dans le domaine de la microscopie électronique nécessite quelque 150 pas successifs et ce chiffre permet d'envisager les quantités d'images laissées de côté pour faire place aux *images-bilan* offertes à l'analyse. On retrouve ainsi un paradoxe souligné par ces auteurs qui tient au fait qu'on aborde l'image scientifique en interrompant son flux alors que c'est précisément ce flux qui la caractérise (Latour et Woolgar ; 1988). Accéder au flux, c'est-à-dire aux chaînes d'images conservées par le laboratoire permettrait de découvrir différents niveaux de validation des images : un premier lot *d'images soustraites* qui atteste déjà d'une certaine validation collective, distinct d'un second lot correspondant aux approximations individuelles qui permet de remonter aux prémices de la chaîne.

Les images-bilan ainsi réunies sont reliées les unes aux autres par un lien isotopique qui permet de conserver un objet constant. Les chaînes d'images constituent ainsi des chaînes de références qui permettent de mettre en mémoire et de partager les données construites par le dispositif de visualisation, de mathématiser les formes ainsi rendues commensurables. Si ces chaînes de commensurabilité s'avèrent particulièrement utiles en astrophysique où, comme l'a souligné Frizot (2001), la question de l'échelle est la plus problématique, leur particularité est aussi d'associer à la

représentation de l'objet céleste celle de l'espace-temps. L'image d'astrophysique procède par *exfoliation du temps*³. Du point de vue de la pratique de visualisation, ces images témoignent d'un souci de dédensification d'un visible complexe dont il convient d'identifier les différents éléments avant de les ré-agencer sous la forme d'un plan d'expression lui aussi complexe⁴. Mais le modèle de l'astrophysique pourrait nous égarer en imposant un modèle syntagmatique qui enchaîne les images de la source de la perception vers la cible, alors que les dispositifs de visualisation instaurent aussi des dispositifs paradigmatiques ou mixtes qui mobilisent la métaphore de la marelle, ce jeu où l'on progresse du proche au lointain sur des cases ordonnées selon deux directions.

Sous ses apparences triviales, la métaphore de la *marelle* fournit un modèle conceptuel intéressant qui permet d'esquisser deux types de relation : syntagmatique lorsque les images développent le *modus operandi* attendu de l'*exploration* et s'ordonnent de la source à la cible et paradigmatique lorsqu'elles sont juxtaposées et proposées à la comparaison. La mixité permet en outre d'assumer les différents réglages épistémologiques et modalisations perceptives puisque l'enchaînement syntagmatique des images assume une *monstration* ou une *présentation* selon la plus ou moins grande stabilisation obtenue, alors que la disposition paradigmatique autorise les investissements conceptuels nécessaires à la *description*. On s'aperçoit dès lors que, si le dispositif de visualisation détermine les composantes de l'image en intervenant dans la proportion et le mode d'existence de l'objet rendu visible, la relation entre les images prend sa part dans la modalisation de l'observation puisqu'elle dispose ces images à des investissements cognitifs et des manipulations spécifiques. Le fait qu'il faille rapporter un objet, une boîte de métal ou un caillou dans le jeu de la marelle, illustre de surcroît l'effort du dispositif pour construire un régime de croyance dans lequel l'objet n'est pas seulement commensurable mais revêt aussi une évidence sensible.

³ Cette particularité a trouvé une illustration exemplaire avec le lancement des télescopes spatiaux par l'Agence spatiale européenne, le 14 mai 2009. Ce lancement des observatoires à 1,5 million de kilomètres de la terre doit permettre de faire la cartographie du rayonnement fossile de la première lumière émise dans le cosmos, un peu plus de trois cent mille ans après le *Big bang*, la remontée dans l'espace coïncidant avec une remontée dans le temps.

⁴ La terminologie des chercheurs suffit à révéler cet effort de dissociation, de désenfouissement. Comme l'indique Hélène Roussel de l'Institut d'astrophysique de Paris, « *Certains objets sont enfouis dans les nuages de gaz et de poussière si denses que la presque totalité de leur rayonnement y est absorbé, pour être ré-émise ensuite en infrarouge. C'est en particulier le cas des étoiles très jeunes, qui ne sont pas encore dissociées de leur nuage-parent* ». Stéphane Foucart, « Des yeux au fond du ciel », Le Monde <<http://www.lemonde.fr/web>>

Observons cette *tension syntagmatique/paradigmatique* dans l'expertise d'un objet de restauration et d'une valise de voyageur par les services de sécurité.

Les images scientifiques assimilées : la restauration

Les procédures de restauration des œuvres d'art permettent d'exemplifier une conception de l'image scientifique fondée sur la modalisation du voir. Celle qui s'est consacrée à l'œuvre de Patrick Van Caeckenbergh représente d'abord l'objet dans son intégrité d'œuvre d'art, comme une *unité*, puis dans ses diverses parties et substances restituées sous forme de données chiffrées, en déclinant les multiples matériaux. Dans cette diversité, deux grands ensembles s'imposent à l'attention qui correspondent à deux modes de présentification de l'objet, tantôt disposé à la *conceptualisation* (lorsque la finalité est la maîtrise conceptuelle de la forme et sa mémorisation) tantôt à la *construction* (lorsque la finalité est la reconstruction, ce qui suppose l'intégration des mesures et des proportions). Photographie et dessin se complètent dans ce double projet, le dessin se spécialisant dans la *description*.

Plus précisément, le dessin se concentre sur un petit nombre de données observables. Supposé augmenter le visible, il procède en fait à des *exclusions* qui transforment le sensible en lignes, en surfaces, formes et reliefs. Non seulement il renonce à connaître par les autres sens que la vue (ce que Foucault résume par la formule : « *observer c'est se contenter de voir. De voir systématiquement peu de choses* »⁵) mais il exclut de ce *visible construit* toutes les données non-pertinentes pour se contenter des formes, de leur quantité et de la façon dont elles se distribuent dans l'espace. En ce sens, les dessins introduisent des chaînes de catégorisation qui rapportent ces données à d'autres en fonction d'une visée stratégique.

Le dessin opère donc un *recentrage sémantique* des données sur le sens pratique. Au demeurant, ce recentrage obéit à un banal principe d'*efficacité* mais en induisant une intéressante réduction des valeurs aléthiques car seule la donnée *nécessaire* est admise, et tous les autres traits, *non-nécessaires*, sanctionnés par l'axiologie de l'efficacité, sont considérés comme *parasites* et donc éliminés. Ainsi ces *dessins* scientifiques permettent-ils d'apercevoir une propriété générique de l'*image* scientifique qui se laisse décrire comme un *énoncé descriptif* discriminant, un *énoncé* où le visible démodalisé se résout à l'alternative du tout ou rien, à l'*exposition* ou la *non-exposition*.

⁵ Michel Foucault, *Les mots et les choses, Une archéologie des sciences humaines*, Gallimard, 2007 (1966), p. 146.

Le recentrage sur le sens pratique occasionne un changement de système à chaque image, qui illustre ce que Bastide (2001) appelle le caractère « opératique » de la transformation dans la chaîne des images scientifiques : chaque image construit un nouveau *système semi-symbolique*. Selon le cas, les différences matérielles sont traduites au plan de l'expression par des contrastes de tonalités ou de granularités ; de même, une ligne discontinue prend une apparence régulière ou irrégulière pour renvoyer au plan du contenu soit à un effet de sens de transparence, soit à un effet de texture. Au demeurant, cette labilité des données du plan d'expression laisse craindre une certaine ambiguïté qui se trouve écartée du fait que les données ressemblantes sont affectées à des dessins différents. De la même façon que les localités de l'espace sont régulées en fonction de la stabilisation globale, les données locales sont déterminées par le système global qui distribue les valeurs relativement. Pour chaque dessin, la semi-symbolicité est donc basée sur un principe d'*économie* (le moins de code possibles) et de *cohérence* (le code signifie relativement) qui exemplifient les *réquisits syntaxiques et sémantiques* des systèmes notationnels de Goodman (1968 ; 184), la non-ambiguïté, la non-redondance, la disjointure et la différenciation.

Reliés les uns aux autres dans la syntagmatique de la procédure de restauration, la photographie et le dessin manifestent des statuts véridictoires distincts. Tandis que, conformément au principe autographique, la photographie réfère à l'objet particulier en apportant la caution de l'empreinte (la photographie montre par exemple l'état d'usure de la peinture), le dessin inscrit la pratique dans la généralité allographique. Ainsi, tout au long de la procédure, un va-et-vient véridictoire assure l'ancrage dans l'objet avant de s'en dégager.

Ce ré-ancrage véridictoire donné par l'alternance des dessins et des photos accompagne une déclinaison de la fiction au travers du choix des modèles perspectifs. Au demeurant, dans son effort de conceptualisation et de mémorisation, le dessin privilégie les organisations symétriques dont Changeux (2009) a montré l'importance pour la symbolisation. Cependant, cette exigence n'exclut pas une diversification des modèles perspectifs en fonction de la finalité de chaque séquence relativement à la finalité globale. Aux prémices de la procédure, le dessin de conceptualisation utilise la perspective de la Renaissance qui permet de relier l'enveloppe à la structure et donc de penser globalement l'objet, tout en profitant de son autorité de stéréotype culturel pour s'établir en fait scientifique. Ensuite, le dessin de construction recourt à une *perspective cavalière* lorsqu'une volumétrie doit être restituée mais il opte pour une *perspective orthogonale* lorsqu'il faut préciser des quantités. A chaque fois, le dessin renouvelle donc la fiction de l'objet en modifiant son statut véridictoire, le régime de croyance.

La redéfinition permanente du système occasionne en outre un repositionnement du *point de vue*. La perspective orthogonale situe l'observateur à l'infini alors que la perspective creusante permet de lui assigner une place précise, si bien qu'au lieu de guider l'observateur dans un parcours linéaire qui assurerait la maîtrise conceptuelle progressive de l'objet, il semble que les dessins le « baladent » allègrement d'un monde à l'autre. Tout se passe comme si chaque étape de la procédure effaçait la mémoire du discours antérieur et construisait un nouvel objet de sens, une extravagance énonciative qui n'est pas sans rappeler à nouveau la métaphore « opératique » de Bastide (2001).

La couleur opérative

Si l'on voit bien comment ces images schématisent l'objet conformément aux systèmes de valeurs déterminés par la pratique, un peu d'attention amènerait à distinguer les propriétés de l'objet de celles qui ne lui appartiennent pas, mais participent aux conditions épistémiques du visible. On sépare alors les propriétés de l'objet (formes et texture) et celles qui sont attachées à sa perception et seulement imputées par les routines perceptives et en premier lieu la couleur, elle-même dépendante de la lumière. Une image manifeste toujours à la fois les propriétés de l'objet représenté et celles du système de représentation utilisé, lequel reflète un certain rapport au monde. Dans le cas de l'image scientifique, les propriétés de la vision directe étant rompues, celle-ci n'est plus tributaire de cette qualité accidentelle de l'objet qu'est la couleur, qui devient non-nécessaire, contingente, c'est-à-dire parasite.

De nombreuses images scientifiques obtenues par des dispositifs de visualisation se passent donc des couleurs pour se concentrer sur les propriétés objectives de l'objet. C'est le cas de ces photographies montrant les microphotographies d'un agent de démoulage d'une sculpture de Rodin. Elles suivent alors la voie de la tradition tenue aux formes, aux quantités et au mode de disposition de l'objet dans l'espace, comme l'a indiqué Foucault (1966) à propos de l'histoire naturelle.

Mais l'essentiel n'est pas là car si l'image scientifique affranchit l'objet de sa couleur, celle-ci apparaît alors comme une propriété autonome pouvant être affectée à d'autres usages sémiotiques afin de dévoiler une information supplémentaire sur l'objet. Elle devient alors un instrument d'investigation et de caractérisation du visible ainsi qu'un argument rhétorique contribuant à la force persuasive de l'image. L'*instrumentalisation* de la couleur suit alors l'exigence descriptive de l'image scientifique : elle est manifestée si elle est nécessaire à la démonstration et proscrite comme une donnée parasite dans le cas contraire.

La couleur devient un instrument de *différenciation* et de *manifestation* de la différence rendue sensible et réalise les conditions épistémiques du visible. Pour l'observateur, la difficulté est alors d'assumer la conversion d'un système de signification qui, bien que fondé sur une propriété accidentelle de l'objet, se trouve validé par les routines perceptives,

dans un système *ad hoc* construit par le dispositif de visualisation. Il s'agit de se défaire du paraître du sens, de renoncer à l'*attendu* pour l'*inattendu* de même qu'à un système de valeurs cautionné par la perception pour investir une fiction de l'objet. Ceci revient à renoncer à la semi-symbolicité routinière pour une semi-symbolicité fondée sur un nouvel accord du sensible et de l'intelligible. Par exemple, l'observateur doit se défaire de la systématique semi-symbolique qui associe le rouge et le bleu à des qualités de chaud et de froid pour envisager un nouveau réglage synesthésique. Mais cet exemple ne restitue qu'une part de la difficulté, qui ne tient pas seulement à ces opérations de *renoncement* et d'*invention* d'une nouvelle *sémiosis*, mais au fait que l'observateur conserve nécessairement son système perceptif, son regard « vieilli » dirait Goodman (1968), lorsqu'il aborde ces nouveaux actes de langage.

Le désaccord entre le système de visualisation et le visible exploré se manifeste avec la plus grande évidence dans la compréhension de la distance qui transforme des plages de couleurs différentes en plans distincts dans la profondeur. L'invention des valeurs restant subordonnée à cet effet de sens volumétrique et plus largement aux impressions référentielles, elle ne se confronte donc pas à une béance du sens mais doit composer ou bricoler une semi-symbolicité adhérent encore à la symbolicité perceptive.

Reportons-nous au mémoire de notre jeune restauratrice pour vérifier l'utilisation de la couleur dans le dessin. Celle-ci ne correspond pas aux propriétés extérieures de la caisse décrite, mais permet de différencier les qualités de bois utilisé (fig. notée 49). S'ajoutant aux propriétés objectives mises en évidence par le dessin, elle participe en outre à la révélation d'une propriété non-visible mais indispensable à l'expertise. Le choix des couleurs primaires marquant le plus grand contraste chromatique, il assure en l'occurrence la meilleure distinction des plages, comme la montré Tufte (1997)⁶. Non seulement la couleur rend *visible* la propriété invisible mais, autorisant l'appariement des propriétés visible (la couleur) et invisible (la matière), elle la désigne comme critère discriminant de l'analyse. Elle s'impose en somme un instrument de *révélation* qui rend *sensible* ce qui doit participer à l'*intelligible*.

⁶ Cette utilisation de la couleur peut être qualifiée de contrastive et réfère au système discret, fondé sur le déploiement de la gamme chromatique décrit par Tufte (1997). Elle s'oppose au système *graduel* qui restreint les choix chromatiques et déploie la gamme des tonalités pour ordonner les résultats.

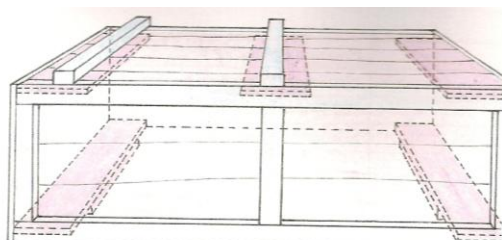


FIG. 49 Structure de la caisse et essences constitutives.




-  Élément en hêtre
-  Élément en pin (d'origine)
-  Élément en sapin (ajouté par l'artiste)



FIG. 52 Vue de l'intérieur de la caisse.



FIG. 50 et 51 Caractérisation du bois par observation microscopique



FIG. 53 Aspect de surface de la peinture et poignée métallique attestant de la vétusté de la caisse.

La couleur dans le dispositif de sécurité

Mais comment se comporte la couleur dans une image scientifique qui n'est pas un dessin, par exemple une radiographie de valise prise par les dispositifs de sécurité de l'aéroport⁷ ? Une différence essentielle tient à la mixité de la configuration. Contrairement à la procédure de restauration où photographie et dessin assument séparément la visualisation autographique et allographique, s'en tenant à l'objet en particulier ou à la généralité, ces images associent les deux projets. Elles restituent l'empreinte de l'objet tout en assumant l'allographisation qui stabilise la forme et rend cet objet manipulable : une densité est préservée qui superpose toutes les données. Les diverses propriétés de l'objet conservées sont filtrées par le dispositif de rayon X et converties pour les besoins de la pratique. La forme se stabilise alors en un contour plus ou moins ferme, un cerne, tandis que la texture superficielle est estompée et mise au compte d'une densité globale propre au dispositif.

Selon le principe de la radiographie médicale, l'image restitue les différences de densité matérielle. Cependant, au lieu de rendre compte de l'alternative présence/absence par une semi-symbolicité clair/sombre, ce sont les couleurs qui entreprennent d'analyser la densité et de révéler la qualité du matériau. Dans ce cas, la couleur produite par le dispositif de visualisation est à nouveau instrumentalisée comme un révélateur qui rend visible la propriété invisible.

Dans ces radiographies, la distribution des couleurs dépend de la masse atomique que les rayons X doivent traverser. Un faible numéro atomique (inférieur à 8) caractérise l'organique (présence de carbone) qu'il restitue par la couleur orange ; un fort numéro (supérieur à 15) caractérise le métal et se manifeste par le bleu ; un numéro intermédiaire (entre 8 et 15) se traduit par le vert. La couleur instrumentalisée introduit donc une axiologie qui sépare l'objet menaçant du non-menaçant, le suspect du non-suspect, le métal de ce qui n'est pas du métal. De plus, la saturation permettant d'envisager la couleur comme une intensité, son instrumentalisation permet d'évaluer *a priori* le degré de dangerosité et de dramatiser l'expertise.

Dans les images de sécurité des aéroports, la couleur détermine le travail d'abduction de l'expertise en introduisant des différences à la fois discrètes et graduelles, le contraste bleu/orange d'une part et l'intensité de la saturation, d'autre part. En premier lieu, l'expert se concentre sur la densité bleu foncé considérée comme menaçante parce qu'elle renvoie à la masse métallique d'une arme. Cependant cette homologation (bleu = dangereux) doit être mise en relation avec la forme de l'objet car il faut aussi que la matière incriminée soit congruente avec ses autres propriétés : un ours en peluche apparaissant en bleu sera considéré comme dangereux parce qu'il est censé ressortir en orange... Dans le travail de l'expert, la notion d'isotopie

⁷ Je me réfère pour ce point aux images étudiées par Vivien Lloveria, doctorant dans le cadre d'un contrat industriel du CeReS avec l'Ecole nationale de l'aviation civile de Toulouse, qui participe aux travaux de l'ANR.

paraît donc centrale. Il s'agit toujours d'identifier des objets à l'intérieur d'une forme de vie globale, ce qui permettra, conformément à la notion de congruence, d'observer les ruptures formelles et matérielles vis-à-vis de ces formes intégratives.

Un exemple permettra de montrer plus précisément comment la couleur participe à l'abduction. Dans une image, un intrigant rectangle en forme de cassette-vidéo indique une fusion d'orange et du bleu. Cette cassette étant supposée faite de plastique, celle-ci devrait être uniformément orange mais elle présente pourtant des parties bleues, révélatrices d'une présence métallique, et surtout un disque vert renvoyant à un matériau indéterminé. La masse bleue dissimulée sous l'objet est en fait un explosif potentiel, ce que confirme le tracé d'une chaîne pyrotechnique et la présence d'un détonateur.

L'analyse de cette image montre la complexité de l'expertise qui n'impose pas seulement l'établissement d'un protocole de reconnaissance iconique pour mettre à jour des isotopies et des ruptures d'isotopies, mais doit aussi révéler les interventions des terroristes qui s'efforcent de masquer les ruptures d'isotopie matérielle par des continuités formelles. Reprenons notre exemple. Dans la cassette-vidéo, on reconnaît une bande dont la forme enroulée est en phase avec l'identité de l'objet mais il s'agit en fait d'une charge explosive qui épouse la forme de la cassette. Là où une intentionnalité adversative a adapté la forme, la coloration en bleu parvient à révéler la discontinuité isotopique. On voit donc que, si les terroristes maîtrisent la sémiotique établie par le dispositif radiographique, leur seule ressource consiste à adapter la forme des objets, par exemple en enroulant l'explosif comme une bande de cassette-vidéo. Une intervention sur la couleur reste en revanche hors de propos à moins d'envisager une falsification du matériau lui-même.

Conclusion : l'expertise et le diagnostic

Notre étude entendait soumettre deux lots d'images scientifiques assimilées à l'analyse pour valider une définition fondée sur le critère de l'exploration. Au demeurant, toutes ces images assimilées s'inscrivent dans le lieu commun de l'image scientifique parce qu'elles prospectent au-delà du visible. Cependant, celles du dispositif de sécurité apparaissent comme un cas-limite notamment parce qu'elles n'entreprennent pas de *dé-densifier* l'objet par un feuilletage, ce qui permettrait de prospecter son contenu pour en dévoiler les ambiguïtés, mais conservent au contraire cette densité pour la soumettre à l'analyse.

Les deux familles d'images partagent le principe de *dramatisation* de l'image scientifique qui retient les propriétés indispensables et exclut toutes les autres. Cependant, si cette dramatisation passe par une instrumentalisation de la couleur, son utilisation reste bien différente. Dans les images de restauration, la semi-symbolicité chromatique est remise en cause à chaque étape alors que, dans le dispositif de sécurité, elle est parfaitement établie et validée par la communauté des experts. Dans ce cas, cette semi-symbolicité est le support d'un diagnostic, c'est-à-dire d'un protocole local dont les

données sont circonscrites autour d'une question unique pouvant déboucher sur une intervention pragmatique, en l'occurrence la vérification du contenu du bagage suspect. Par son caractère local, centré sur une question unique, le diagnostic de l'agent de sécurité diffère de l'expertise en restauration, procédure globale dont les résultats restent ouverts. Les deux descriptions renvoient *in fine* à la finalité de la pratique : le diagnostic entend mettre à jour ou vérifier une information bien précise alors que l'expertise vise la construction de la connaissance.

Bibliographie

Françoise Bastide, *Una notte con Saturno : scritti semiotici sul discorso scientifico*, éd. établie par Fabbri P. et Latour B., Roma, Meltemi, 2001.

Michaël Baxandall, *Les formes de l'intention, Sur l'explication historique des tableaux*, Jacqueline Chambon éd., 2000 (1991).

Jean-François Bordron, « Image et vérité », Actes de colloque, 2005 Disponible sur : <http://revues.unilim.fr/nas/document.php?id:1931> (consulté le 25.05.2009).

Jean-Pierre Changeux, *Du vrai, du beau, du bien*, Odile Jacob, 2009.

Jacques Fontanille, « Les systèmes d'imagerie scientifique. Questions sémiotiques », *E/C*, Revue de l'Association italienne de sémiotique en ligne, article mis en ligne le 2 mai 2007.

<http://www.ec-aiss.it/archivio/tipologico/autore.php>

Michel Foucault, *Les mots et les choses, Une archéologie des sciences humaines*, Gallimard, 2007 (1966).

Michel Frizot (dir.), *Nouvelle histoire de la photographie*, Adam Biro-Larousse, 2001 (chapitre « L'œil absolu, les formes de l'invisible »).

Nelson Goodman, *Langages de l'art, Une approche de la théorie des symboles*, traduction française, Hachette, 1968.

Bruno Latour et Steve Woolgar, *La vie de laboratoire*, La Découverte (éd.), 1988.

Jean-Claude Lemagny et André Rouillé (dirs.), *Histoire de la photographie*, Larousse, 1998.

Monique Sicard, *L'année 1865. L'image écartelée en voir et savoir*, Les empêcheurs de penser en rond, 1995.

Heinrich Wölfflin, *Principes fondamentaux de l'histoire de l'art*, Gérard Montfort (éd.), 1992.

Biographie

Anne Beyaert-Geslin est responsable du Centre de recherches Sémiotiques (CeReS) de Limoges, coordinatrice de l'ANR *Images et dispositifs de visualisation scientifiques* (2008-2010) et rédactrice en chef de la revue électronique Nouveaux actes sémiotiques <<http://revues.unilim.fr/nas>>. Elle enseigne la sémiotique visuelle et la sémiotique des médias. Auteur de *L'image préoccupée* (Hermès-Lavoisier, 2009), ouvrage consacré à la photographie de reportage, elle a coordonné plusieurs dossiers et ouvrages collectifs et publié plusieurs dizaines d'articles de sémiotique visuelle.

Évolution du statut de la carte au sein des publications scientifiques

Claire BIRCHENALL
IEP Aix en Provence
IMTSSA Marseille

Résumé: Dès 1864, la carte fait partie intégrante des articles publiés dans la revue *Médecine tropicale*. C'est à l'origine un élément d'illustration qui devient peu à peu un outil essentiel de recherche et de communication des résultats scientifiques. L'analyse des cartes publiées de 1864 à 1964 dans la revue *Médecine Tropicale* reflète l'évolution de l'utilisation de ce support d'information par les auteurs.

Abstract: As early as 1864, maps began appearing in articles published in *Tropical Medicine*. Initially used for illustrations only, maps gradually became an essential tool for research and communication of scientific findings. Analysis of maps published in the *Médecine Tropicale* review from 1864 to 1964 reflects the progression in the use of this informational tool by authors.

Le travail au sein d'une photothèque historique spécialisée en médecine tropicale impose une confrontation avec des images très variées. Leur manipulation (tri, classement, recherche) conduit à se poser la question de leur scientificité et donc de leur utilité au sein de la recherche scientifique. En effet, les photographies, tableaux, cartes, etc., réalisés dans un but de recherche à un moment donné ne présentent pas forcément le même intérêt scientifique cinquante ans plus tard. Par exemple, les clichés de variole faisaient il y a vingt ans l'objet de communications scientifiques. En 1979, la variole a été éradiquée et ces clichés n'apparaissent plus que dans des livres d'histoire de la médecine. Par ailleurs, certains dons de photographies font état de paysages de vacances ou de scènes de famille. Lors de la réalisation d'enseignements à caractère scientifique, ces photos représentatives du milieu de développement de certains parasites nous ont été demandées. Elles ont acquis du même coup une certaine « scientificité ». Enfin, dans les recherches que nous menons plus spécifiquement sur les cartes, nous pouvons constater

que la représentation d'un même pays sera à une époque considérée comme scientifique et ultérieurement, ne sera plus assimilée qu'à une illustration (j'entends, par illustration, une image qui peut faciliter la compréhension d'un article ou sa lecture sans pour autant lui être nécessaire ou en lien direct avec le sujet scientifique développé).

Ces trois constats renforcent pour nous l'intérêt de la question posée lors du colloque, soit « Peut-on (doit-on) définir l'image scientifique ? ».

La difficulté de la réponse à cette question provient de l'« image scientifique » elle-même (si tant est qu'elle existe), mais elle résulte également de la difficulté qu'il y a à définir la science elle-même. Avant donc de répondre à la possibilité de définir l'image scientifique, il convient de se demander ce qu'est définir et ce qu'est la science.

Pour Durkheim, la définition est « la proposition qui a pour objet de faire connaître la nature de la chose définie » (Durkheim, 1884).

On peut définir soit par génération, soit par compréhension, soit par extension. La définition par génération est la plus parfaite car elle permet de reproduire ce qui est défini ; mais il n'est pas toujours possible de définir un objet par génération.

Quant à la science, elle est définie dans le dictionnaire Robert comme « l'ensemble de connaissances, d'études d'une valeur universelle, caractérisées par un objet (domaine) et une méthode déterminés, et fondées sur des relations objectives vérifiables » (*Le petit Robert*, 2009). Pour Dominique Pestre, « la science n'est en rien un objet circonscrit et stable dans le temps qu'il s'agirait simplement de décrire » (Pestre, 2006). Enfin, pour Pierre Duhem, « il n'y a pas d'expérience en soi, il n'y a d'expérience que dans un contexte » (dans Mourral & Millet, 1999). Or, nous avons vu que certaines images peuvent être scientifiques pour certains et ne pas l'être pour d'autres, voire évoluer sur ce point en fonction du moment historique considéré. L'image, qui tente de représenter le réel, cherche à être vraie, mais l'on ne peut prétendre à l'exhaustivité dans l'appréhension du réel. Dès lors, il apparaît impossible que l'essence même de l'image soit d'être scientifique si elle ne l'est pas toujours. Le fait qu'une image soit scientifique ou non ne dépendrait donc pas d'elle-même, mais de son contexte de production, d'utilisation et de lecture.

Est-il alors impossible de définir ce qu'est une image scientifique ? Cela reviendrait à définir par génération, compréhension ou extension une image appartenant à un objet (la science) qui est en partie objectif et stable et en partie subjectif (dépendant du contexte) et en mouvement. Si l'on s'accorde à parler d'images scientifiques et à s'entendre sur ce terme en parlant des mêmes objets, c'est que l'image scientifique existe bel et bien. Si elle existe, il doit nécessairement y avoir un moyen de la définir. Au vu de ces données, il doit être possible de déterminer les données contextuelles caractéristiques de l'image scientifique.

Dans l'objectif de préciser la nature de ces données, nous allons étudier de façon plus précise un type d'image. Notre attention s'est portée sur les cartes qui sont des documents susceptibles d'être considérées comme

Évolution du statut de la carte au sein des publications scientifiques

scientifiques ou non. Cette particularité nous intéresse pour cerner les différences entre ces deux statuts et les modifications qui ont lieu lors du passage de l'un à l'autre. La notion de passage exige l'introduction de la donnée temporelle. Considérant que la carte appartient à trois « temps » (l'histoire, sa vie propre, la construction de la science), nous avons étudié chacun d'eux. C'est cette démarche qui a structuré notre propos.

Pour cela, nous verrons tout d'abord comment le rôle de la carte a évolué au cours du temps. Nous verrons ensuite comment, au cours de la vie d'une même carte, le statut de cette dernière évolue du fait du signe qu'elle représente. Enfin, la carte participe à la construction de la science. Nous envisagerons donc dans un troisième temps comment la carte contribue à la construction du fait scientifique et en quoi cette participation influe en retour sur la scientificité de la carte.

Ce travail a été réalisé à partir de l'étude exhaustive de cartes publiées dans la revue du service de santé des armées, « Médecine tropicale » et ce, de sa création en 1864 à nos jours. Cette revue est à l'origine une sorte d'outil de communication interne qui comprend aussi bien des articles scientifiques que les annonces de mutation des médecins militaires ou les nécrologies. En 1941, sa perspective change. On y lit que « La revue Médecine Tropicale présentera un caractère strictement scientifique, et sera spécialisée dans les questions de pathologie exotique ». Il est fait appel non seulement aux médecins et pharmaciens des troupes coloniales, mais également à « des personnalités qualifiées par leur connaissance en maladies exotique ». Toutes les cartes étudiées retracent donc l'utilisation de cet outil d'illustration, de recherche et de communication par les médecins militaires.

1. Évolution du rôle de la carte

a. La carte

L'Association cartographique internationale en donne la définition suivante en 1973 : « représentation conventionnelle, généralement plane, en position relative, de phénomènes concrets ou abstraits localisables dans l'espace », qu'elle complète en 1991 par : « la carte est destinée à être utilisée lorsque les relations spatiales entre ces phénomènes ont une pertinence essentielle ». Ces définitions font état de ce qu'est l'objet en définissant son contenu, mais non en développant ce qu'est sa nature propre ou son mécanisme de signification (Palsky, 1996). La carte est un objet de communication au sein d'une communauté scientifique, pourvue des codes nécessaires à la bonne interprétation des images publiées.

b. La fabrication des cartes

En ce qui concerne l'histoire de la cartographie, les cartes sont dans un premier temps le fruit du travail des explorateurs qui, grâce aux instruments de mesure, ont pu déterminer les contours des continents (première période des expansions). Dans un deuxième temps, les explorateurs se sont rendus à l'intérieur des continents afin de les explorer. On parle à cette époque d'une course aux explorations, l'objectif étant pour les pays

colonisateurs de prétendre à la possession d'un maximum de terre. Au cours de ces expéditions, le Muséum d'histoire naturelle de Paris avait demandé aux médecins accompagnateurs de rapporter des spécimens des espèces rencontrées (Sardet, 2007). Du point de vue militaire, il était important de réaliser des cartes des pays traversés. C'est à cet exercice de construction de la carte que s'exercera par exemple Jules Crevaux lors de ses voyages en Guyane (Crevaux & Le Janne, 1882).

Un médecin à l'heure actuelle doit le plus souvent utiliser des fonds de carte auxquels il fait confiance et qu'il complète par les données qu'il aura recueillies sur le terrain ou lors de recherches bibliographiques. Alliant ainsi le fonds de carte et les données de terrain, le médecin peut acquérir de nouvelles connaissances.

c. Le rôle des cartes

On entend le plus souvent dans la littérature par « image scientifique » soit l'image photographique, soit l'imagerie, la première étant un reflet de la réalité et la seconde correspondant à des images fabriquées. On pourrait la définir comme toute représentation visuelle conçue par un scientifique (dans le cadre de son activité scientifique !) ou regardée par le scientifique (quand bien même, elle ne le serait pas au départ) (Lissalde, 2001). Ainsi, une carte, quelle que soit son origine (dessin informatique, image satellitaire retravaillée ou non) est une image scientifique à partir du moment où elle répond à un objectif scientifique. De plus, la carte remplit de nombreux rôles similaires à ceux de l'image. En effet, la carte rend les informations qu'elle contient mémorisables, classifiables, archivables, transportables, découpables et reproductibles (Sicard, 1998). Puisque la carte est une image fabriquée, résultant d'un effort créatif humain, elle privilégie un point de vue. Elle est alors orientée, sélective, partielle (Palsky, 2004), et en cela, elle rejoint ce que peut être la fabrication d'images scientifiques dans laquelle interviennent en permanence le regard et l'habileté du scientifique, son point de vue sur la question et l'objectif de son travail (Allamel-Raffin, 2004). Nous pouvons conclure que les cartes de notre corpus peuvent être abordées comme étant des images scientifiques.

d. Évolution du rôle de la carte au cours du temps

Nous allons montrer l'évolution de l'utilisation de la carte par les médecins coloniaux à travers trois exemples. Le premier est constitué par une carte réalisée par le service hydrographique de la marine.

Évolution du statut de la carte au sein des publications scientifiques

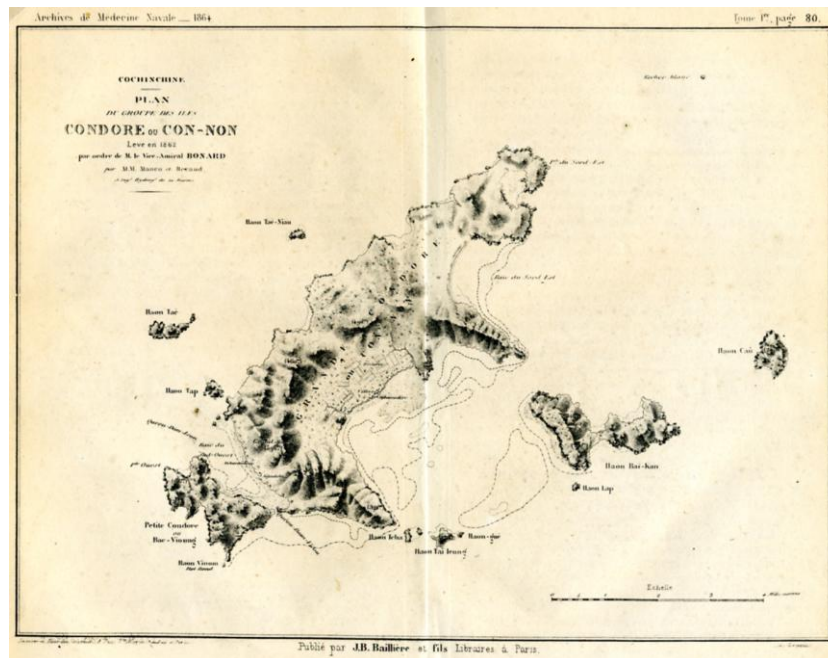


Figure 1 : Ile de Poulo-Condore, topographie médicale et rapport sur la situation présente, IMTSSA

C'est la première publiée dans les archives de médecine navale et ce dès la première année de parution de la revue (Fig 1). Elle date de 1862 et accompagne l'article du chirurgien Viaud paru en 1864 intitulé « L'île de Poulo-Condore, topographie médicale et rapport sur la situation présente » (Viaud, 1864). L'île de Condore est située au Sud-Vietnam dont la France prend possession en 1861, suite à une opération militaire. Dans l'article qui intègre la carte, l'auteur explique la situation dans laquelle lui-même et les membres de son expédition ont trouvé les autochtones en débarquant sur l'île. Il décrit la situation géographique de l'île, puis effectue les descriptions que l'on retrouve dans la plupart des articles à cette époque : géographique (climatologie, faune et flore), de population, médicale (autochtone et garnison). La carte est une illustration qui pose le cadre du texte.

La seconde carte présentée est tout à fait significative d'une nouvelle évolution dans l'utilisation de la carte par le médecin militaire. Il s'agit d'une carte représentant les épidémies de fièvres palustres qui ont eu lieu à l'île Maurice entre 1867 et 1869 (Fig 2). L'article rédigé par le docteur Pellereau est publié en 1881 (Pellereau, 1881). Sur un fond de carte de l'île, l'auteur dessine au trait plein rouge, orienté et daté, ce qu'il nomme en légende « Marche de l'épidémie ». L'épidémie aurait donc débuté en 1867 autour de l'île, puis se serait déplacée jusqu'à rejoindre le centre de l'île en 1869.

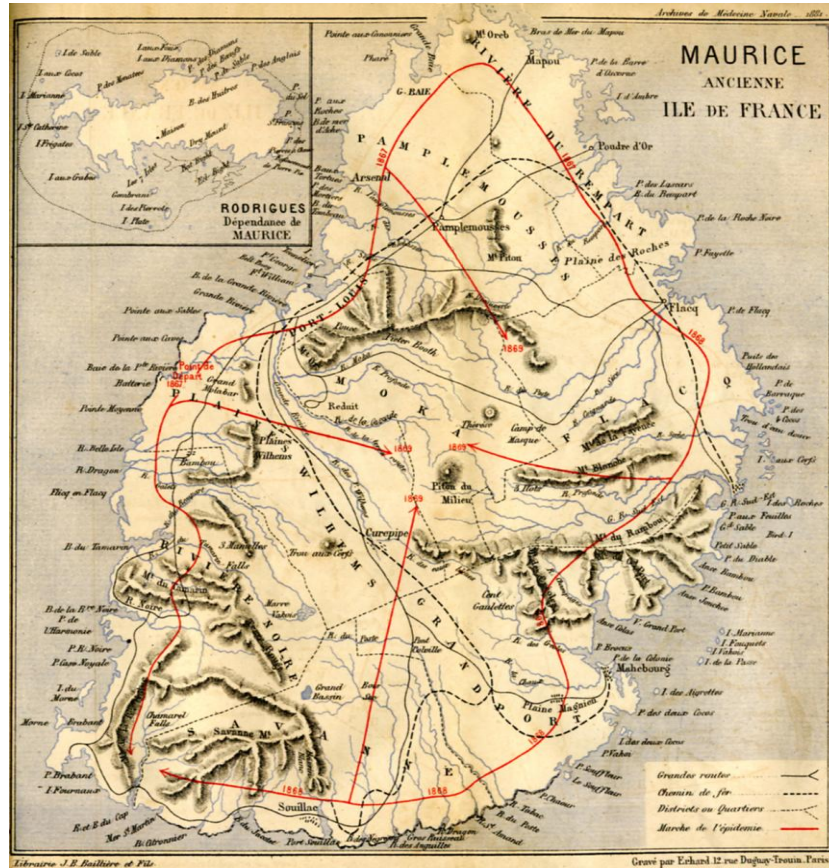


Figure 2 - Pathologie mauricienne, des fièvres palustres, IMTSSA

Nous avons donc ici une carte dynamique. Comme précédemment, la carte vient ici soutenir le discours en présentant la progression de l'épidémie. Mais ici, un nouvel élément intervient : l'auteur indique clairement une donnée médicale sur la carte.

La troisième carte donne à voir la ville de Conakry (Fig 3) dans laquelle est menée une campagne anti-paludique. Il s'agit d'un article de santé publique rédigé par le docteur Le Moal (Moal, 1906) et la carte qui l'illustre consiste en un plan de la ville. Ce type de carte d'épidémiologie a été inauguré par Snow en 1855 lorsqu'il mit en relation les décès cholériques et l'emplacement des pompes à eau infectées (Snow, 1854). Le paludisme est une maladie parasitaire dont le vecteur est un moustique. La carte présente deux légendes, une relative au vecteur et l'autre relative à la maladie. La première décrit des lieux où le vecteur peut se multiplier. La deuxième est la situation de l'index endémique sur les différentes zones de la ville. On constate que les points les plus éloignés des points d'eau sont ceux où la

Évolution du statut de la carte au sein des publications scientifiques

population est la moins touchée avec une endémicité de 15%. En revanche, les zones situées à proximité du marais présentent la plus grande endémicité.

La carte épidémiologique est réalisée par un médecin qui inscrit sur la carte uniquement les données qui ont un intérêt pour son étude épidémiologique. La maladie est rapportée à certaines circonstances locales et la carte acquiert donc une valeur de preuve. L'utilisation de la topographie est ici au service de la médecine. C'est à partir de la carte que l'on constate la corrélation entre les éléments (stagnation d'eau / maladie). La carte n'est plus seulement une illustration, elle ne sert plus seulement à montrer, elle devient un élément à part entière de la recherche.

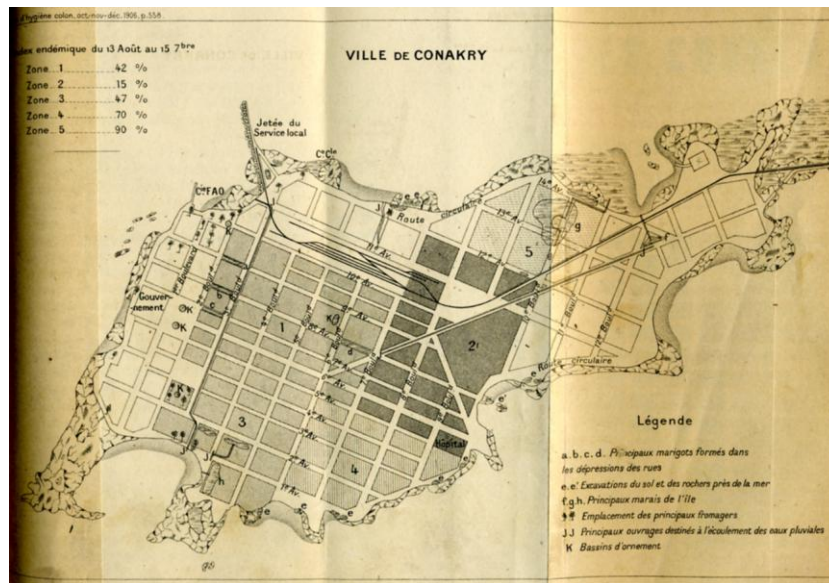


Figure 3 - Campagne anti-paludique à Conakry, IMTSSA

Une telle évolution provient des producteurs de cartes qui peuvent aussi bien appartenir au service hydrographique de la marine qu'être eux-mêmes des médecins militaires et plus tard, des chercheurs en médecine tropicale. L'évolution est également constatée quand, à leur de la réalisation de cartes gravées, on passe à des cartes dessinées à la main, puis dactylographiées. Finalement, l'évolution provient des données que l'on veut et que l'on peut communiquer par la carte et ce sont celles-ci qui nous intéresseront plus particulièrement. Ainsi, à l'issue de l'étude du corpus, on constate que les cartes utilisées et publiées par les médecins sont de deux types : géographiques et médicales. Dans le même temps, nous constatons que les cartes évoluent et d'objet d'illustration (quand bien même d'illustration médicale) d'un texte scientifique, elles deviennent des outils de

recherche et acquièrent une autonomie scientifique. Elles précèdent alors le texte au sein de l'article.

2. Évolution de la carte comme signe.

a. La carte comme signe

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe de définition de la carte, cette dernière est une « représentation de phénomène ». Si l'on s'en tient à la définition donnée par Peirce « (u)n signe ou *representamen*, est quelque chose qui représente à quelqu'un quelque chose sous quelque rapport (*respect*) ou à quelque titre (*capacity*). Il s'adresse à quelqu'un, c'est-à-dire, crée dans l'esprit de cette personne un signe équivalent, ou peut-être plus développé » (Peirce, 1978). La carte peut donc être étudiée comme un signe.

Nous pouvons considérer quatre étapes dans la vie d'une carte : elle va être créée, puis insérée dans un article ; elle sera ensuite lue et enfin, éventuellement réutilisée par le chercheur qui l'aura lu. A chacune de ces étapes, la carte en tant que signe a un sens particulier. En effet, il s'agit d'une évolution du rapport de la carte avec la réalité quelle représente puis avec elle-même (l'information qu'elle contient) et enfin avec le chercheur auquel elle présente l'information. Si la sémiologie comme la rhétorique sont des sciences de l'expression, c'est-à-dire du codage des messages, *a contrario* il n'y a, ni pour l'une ni pour l'autre, de science du décodage (Barthes, 1985). La relation entre le lecteur et le document demeure « intime ». L'interprétation qu'il en fait échappe à son auteur. La sémiotique et plus particulièrement la sémiotique peircienne, qui permet de considérer l'objet, son environnement et son évolution, peut répondre de façon appropriée aux besoins de notre recherche.

b. Les trichotomies peirciennes

La sémiotique peircienne permet d'étudier les relations qui se nouent entre le *representamen* (le signe), l'objet et l'interprétant (Allamel-Raffin, 2006). Afin de pouvoir étudier tous les signes existants, Peirce développe trois trichotomies. Dans la première trichotomie, le signe va pouvoir être appelé qualisigne (qualité du signe), sinsigne (chose ou événement réel qui est un signe) ou légisigne (loi qui est un signe). Dans la deuxième trichotomie, le signe peut être appelé icône (il se rattache à l'objet par ressemblance), indice (il se rattache à l'objet comme en étant un effet) ou symbole (il se rattache à l'objet par une règle) (Tiercelin, 1993). Dans la troisième trichotomie, le signe peut être appelé rhème (signe qui pour son interprétant est un signe de possibilité qualitative), dicisigne (signe qui pour son interprétant est un signe d'existence réelle) ou argument (signe qui pour son interprétant est un signe de loi).

c. Évolution du sens de la carte au cours de sa « vie ».

Après avoir établi une classification de nos cartes (topographique, thématique, images satellitaires, images satellitaires travaillées), nous avons suivi l'évolution de leur « vie ». Nous considérons deux temps distincts dans la vie de l'image. Le premier où la carte est dans les mains du médecin qui la crée, que nous appellerons émetteur de la carte puisque c'est lui qui la rend disponible au public (production et insertion dans une publication). Le deuxième est celui où la carte, publiée, va être lue par un chercheur, que l'on appellera « récepteur » (lecture et réutilisation). Lors de la lecture, le récepteur pourra croire ou non, la carte qu'il a entre les mains. Cette dernière n'aura donc pas la même signification en fonction du regard du récepteur.

De ce travail, on peut tirer le tableau 1 dont deux éléments nous semblent remarquables.

Tout d'abord, la seule trichotomie qui définit la carte au moment de la production de l'image par l'émetteur et au moment de l'utilisation de l'image par le récepteur, est similaire. Par ailleurs, elle a le même sens pour l'auteur qui l'insère dans une publication et pour l'auteur qui la croit.

	Émetteur		Récepteur	
	Phase de production de l'image	Phase d'insertion de l'image dans une publication	Phase de lecture de la publication	Phase d'utilisation de l'image
Carte topographique	Sinsigne Iconique Rhématique	Legisigne Symbolique Argumental	<p><i>L'image est « crue »</i> Légisigne Symbolique Argumental</p> <p><i>L'image est discutée</i> Sinsigne Iconique Rhématique</p>	<p>Sinsigne Iconique Rhématique</p> <p>Sinsigne Iconique Rhématique</p>
Carte thématique	Sinsigne Iconique/symbolique Dicent	Legisigne Iconique/symbolique Argumental	<p><i>L'image est « crue »</i> Légisigne Iconique/symbolique Argumental</p> <p><i>L'image est discutée</i> Sinsigne Iconique/symbolique Dicent</p>	<p>Sinsigne Iconique/ symbolique Dicent</p> <p>Sinsigne Iconique/ symbolique Dicent</p>
Image satellitaire	Sinsigne Indiciaire/symbolique Dicent	Légisigne Iconique/ symbolique Argumental	<p><i>L'image est « crue »</i> Legisigne Indiciaire/symbolique Argumental</p> <p><i>L'image est discutée</i> Sinsigne Indiciaire/symbolique Dicent</p>	<p>Sinsigne Indiciaire/ symbolique Dicent</p> <p>Sinsigne Indiciaire/ symbolique Dicent</p>
Image satellitaire exploitée	Sinsigne Indiciaire/symbolique Dicent	Légisigne Indiciaire/symbolique Argumental	<p><i>L'image est « crue »</i> Legisigne Indiciaire/symbolique Argumental</p> <p><i>L'image est discutée</i> Sinsigne Indiciaire/symbolique Dicent</p>	<p>Sinsigne Indiciaire/ symbolique Dicent</p> <p>Sinsigne Indiciaire/ symbolique Dicent</p>

Tableau 1 : Cartes et trichotomies peirciennes (Birchenall C.)

3. Carte et fait scientifique

a. Le fait scientifique

Après avoir étudié l'évolution du statut de la carte dans l'histoire de la médecine tropicale et dans l'histoire d'une carte singulière, nous ne pouvons passer outre l'évolution du statut de la carte au cours de la construction du fait scientifique. Pour construire un fait scientifique, un « collectif de pensée » (Fleck, 2005) est nécessaire, une intersection de courants et de voies qui rend inséparable la sociologie de la science de son histoire et de sa philosophie (Anderson, 1982). Ainsi, le fait scientifique se construit au cours du temps grâce à des interactions (communications écrites et orales) au sein d'une communauté scientifique. Mais s'il peut se construire, c'est aussi grâce à la recherche scientifique qui est une action rationnelle par rapport à un but, celui-ci étant la vérité (Aron, 1980). La rationalité mise en action résulte du respect des règles de la logique et de la recherche. Ces deux aspects sont nécessaires pour que les résultats obtenus soient valables. La preuve scientifique s'affirme aussi bien dans l'expérience que dans le raisonnement, à la fois dans le contact avec la réalité et dans la référence à la raison (Bachelard, 1934). Or la raison n'est pas une réalité abstraite, elle se matérialise dans le raisonnement de personnes concrètes, tout en étant ouverte au dialogue. On ne peut donc dissocier dans la construction du fait scientifique l'importance du collectif de l'importance de l'individu.

b. Article et fait scientifique

Dans la construction du fait scientifique, la communication écrite par le biais des revues scientifique joue un rôle particulier. Bruno Latour explique comment les articles participent à la construction du fait scientifique (Latour et Woolgar 1988). Il retient deux voies principales à l'œuvre lors de la lecture d'un texte. Il s'agit soit de la construction d'une boîte noire, c'est-à-dire d'un fait qui ne sera plus discuté, soit de l'ouverture d'une controverse. Le passage par l'une ou l'autre des voies lors de la lecture d'un texte dépend entièrement du lecteur. Ce qui est écrit ne change pourtant pas, l'auteur établit donc qu'il existe une correspondance totale entre la qualité du fait et celle d'un artefact. L'étude des controverses, grâce aux arguments qui y sont utilisés, permet de récupérer et d'utiliser des informations inconnues jusqu'alors et d'interpréter les raisons qui se cachent derrière les prises de position et donc le sens que les acteurs veulent donner à l'information. Cependant, si les controverses sont une aide à l'interprétation, elles sont inutilisables. Il faut qu'une controverse devienne une boîte noire, c'est-à-dire que la discussion prenne fin et qu'une décision soit prise. Finalement, les deux branches que nous avons identifiées se rejoignent ou plutôt se concluent de la même manière, c'est-à-dire par la fermeture de la boîte noire. De façon directe ou indirecte, voulue ou non, un tout énoncé contribue donc à la fermeture d'une boîte noire. Quelles que soient leur utilisation et leur perception par le lecteur, les cartes publiées contribuent donc à la construction du fait scientifique. On constate à nouveau l'importance de l'individu qui choisit de publier l'information, de celui (ou ceux) qui

l'utilise(nt) mais également de tout le collectif qui contribue au contexte de connaissance. Ce contexte évolue au cours du temps et la réception d'une même carte aura donc un impact différent à deux moments donnés de l'histoire. L'introduction de l'indice temporel dans l'évolution du rôle de la carte dans la construction de la science a donc une importance réelle. Cette importance est schématisée dans la figure 4.

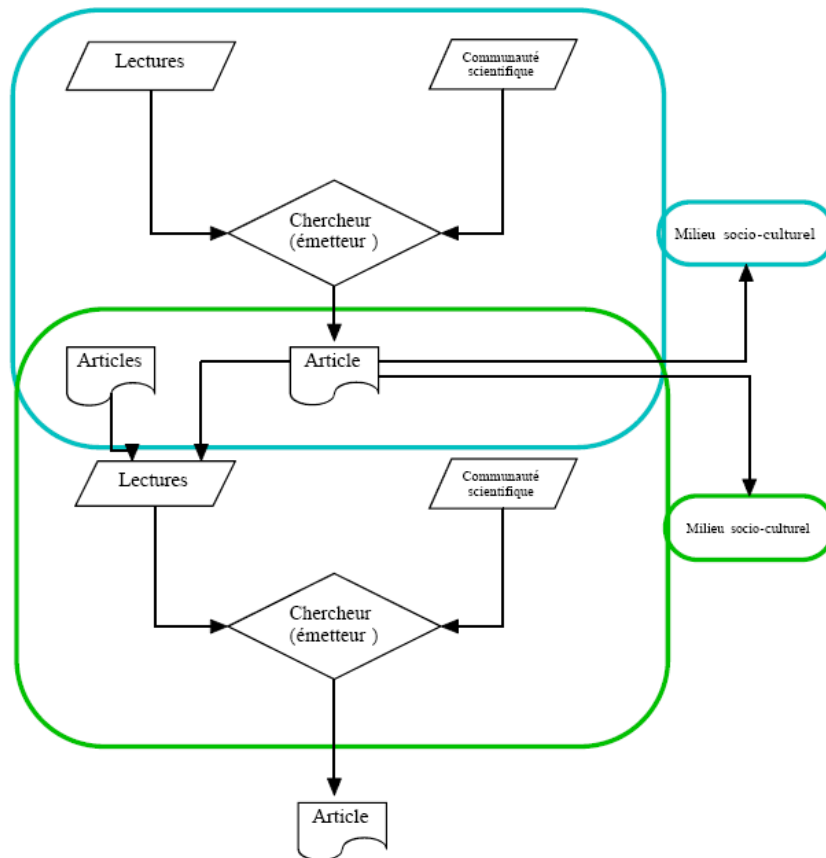


Figure 4 : construction du fait scientifique (Birchenall C.)

c. Perte de la scientificité des images

Afin de percevoir à travers un exemple l'évolution du statut de la carte lors de la construction du fait scientifique, nous étudierons trois cartes issues d'articles sur la méningite cérébro-spinale en Afrique.

L'article publié par Lapeyssonnie en 1961 dans la revue *Médecine Tropicale* et intitulé « Un problème épidémiologique non résolu : la méningite cérébro-spinale en Afrique » répond à une demande de la

Évolution du statut de la carte au sein des publications scientifiques

République du Niger (Lapeyssonie, 1961). Le gouvernement de ce pays a explicitement demandé de « fixer la topographie de l'actuelle épidémie de méningite cérébro-spinale ». La mission est donc précisément de réaliser une carte. L'auteur évoque le problème de l'Afrique car, alors que la méningite cérébro-spinale n'est plus un problème de santé publique en Europe, elle le reste en Afrique. Une zone tout particulièrement touchée est constituée par une bande de terrain qui court de l'Océan Atlantique à la mer Rouge, limitée au nord par le Sahara, et au sud par la forêt. Sur un fond de carte minimaliste (constitué par les seules limites du cercle de Nagaria), l'auteur présente dans son article les caractéristiques de toute étude épidémiologique : un lieu, une durée et une population (fig. 5).

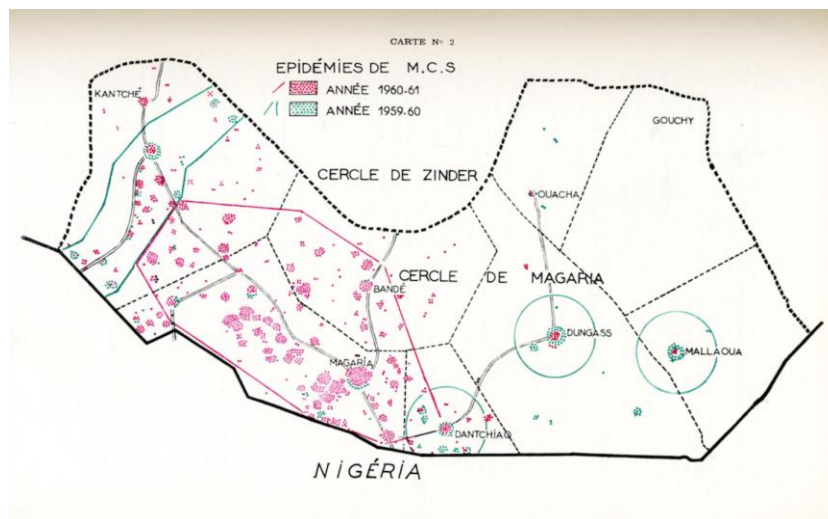


Figure 5 - Un problème épidémiologique non résolu : la méningite cérébro-spinale en Afrique, IMTSSA

Nous avons affaire ici à une carte épidémiologique réalisée à la demande du politique. C'est une image qui illustre les propos de l'auteur en montrant la localisation des malades. La carte est alors une image scientifique, mais utilisée en tant qu'illustration.

Pendant deux ans, les études sur la méningite le long de cette bande de terre sont poursuivies. En 1963, Lapeyssonie rassemble les informations disponibles et rédige un supplément au bulletin de l'organisation mondiale de la santé (Lapeyssonie, 1963). Ce bulletin reprend les études épidémiologiques qui ont été réalisées dans cinq États africains. Pour la République du Niger, la République de Haute-Volta (aujourd'hui le Burkina-Faso), le Nigéria, le Tchad et le Soudan sont décrites les données géographiques, climatiques et démographiques ainsi que la marche de l'épidémie. Pour chacun des cinq États sont également reportés sur des

Claire BIRCHENALL

tableaux la répartition annuelle des cas et de leur létalité. A l'issue de ce travail descriptif, Lapeyssonnie cherche à mettre en évidence des règles générales qui permettront de jeter les bases d'une prophylaxie rationnelle de la méningite cérébro-spinale en Afrique. Il souhaite trouver des « règles générales susceptibles de s'appliquer à cette maladie quel que soit le pays » (Lapeyssonnie, 1963). En effet, si la méningite peut se trouver dans divers endroits, ce n'est que dans cette bande de terre qu'on la rencontre à un état endémique élevé. Ce qui ressort de cette étude est le fait que le facteur pluviométrique est déterminant soit parce qu'il participe à la réalisation de processus encore inconnus, soit parce qu'il favorise ou restreint les implantations humaines dans certaines zones. Lapeyssonnie va alors déterminer que la caractéristiques de cette zone d'Afrique septentrionale où sévit la méningite est d'avoir ses isohyètes comprises entre 300 mm au nord et 1100 mm au sud. La première carte publiée en 1961 est renforcée par les suivantes. Et la carte de la « ceinture de la méningite » également appelé « ceinture de Lapeyssonnie » est dessinée pour la première fois dans ce bulletin à grand renfort de données géographiques et médicales qui viennent prouver et renforcer la réalité de cette découverte (Fig. 6). La carte a donc une forte valeur scientifique en tant que découverte issue et appuyée par les données de terrain et les méthodes épidémiologiques mises en œuvre pour les récolter.

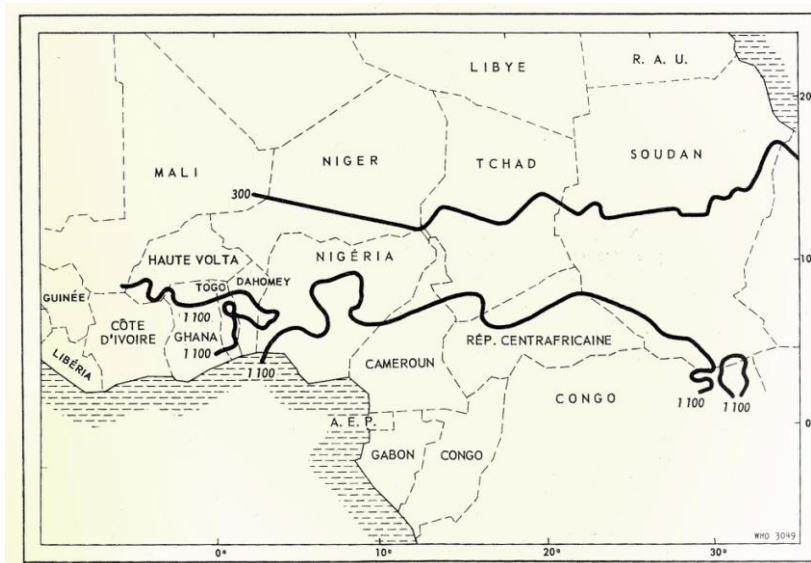


Figure 6 : Carte ceinture de la méningite RMT, IMTSSA

Évolution du statut de la carte au sein des publications scientifiques

Une fois que la répartition de la méningite en fonction de la pluviométrie a été dessinée, validée et publiée, elle va commencer à être citée dans les publications scientifiques. Elle va être reprise dans d'autres publications dans un premier temps pour compléter les données déjà existantes (fig 7) ou pour définir des aires de risques (Thomson et al., 2006).

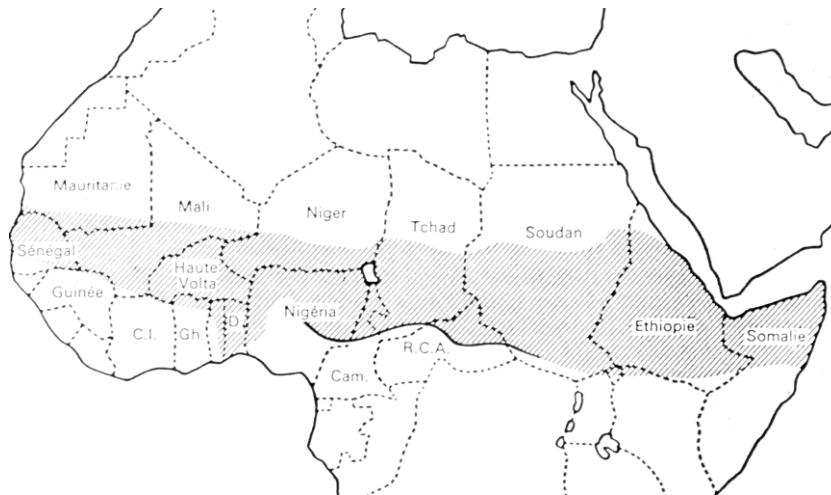


Figure 7 : Carte ceinture de la méningite RMT, IMTSSA

Comme nous l'avons décrit plus haut en exposant la création du fait scientifique telle qu'elle est décrite par Bruno Latour, cette carte va devenir par le jeu des citations un fait scientifique qui ne sera plus discuté remis en question. Ce fait scientifique ne sera plus discuté et au fur et à mesure que son évidence et son acceptation grandissent, il ne sera plus nécessaire de citer ni l'article de référence, ni son « découvreur ». La ceinture de la méningite devient alors pour certain un fonds de carte, support d'une nouvelle information scientifique, voire la base de nouvelles images scientifiques dont la preuve n'est plus à faire mais qui est affichée comme le présupposé à partir duquel vont débiter de nouvelles études.

De cette limitation minimale, mais qui semble toujours assez exacte de la ceinture de la méningite, on arrive à une représentation stylisée de laquelle ont été évacués tous les repères scientifiques et qui ne fait plus état que d'une bande rectiligne qui traverse l'Afrique. Sans son rattachement au thème de la méningite, il serait impossible de donner la signification de cette bande dans laquelle on pourrait ne voir que la représentation d'une Afrique coupée en deux pour des raisons plus graphiques que raisonnables rationnelles. Cette représentation, on la retrouve sur le logo du « *meningitis vaccine project* », projet rattaché à l'OMS et dont le but est d'éliminer l'épidémie de méningite grâce à la vaccination.

Conclusion

Dans le cadre de cet article, nous avons voulu voir comment le statut d'une image pouvait évoluer et ainsi découvrir des éléments permettant de définir ce qu'est une image scientifique.

Il nous semble à l'issue de ce travail qu'une définition de l'image scientifique est possible, non pas à partir de l'objet lui-même mais à partir de son contexte. Si l'image ne peut être définie en elle-même, ce travail nous aura néanmoins permis de mettre en place un certain nombre de critères permettant de classer une image parmi les images scientifiques ou non. Nous pouvons maintenant déterminer les critères qui permettront de dire qu'une image est scientifique ou non.

Ainsi, l'image scientifique serait une image conçue, utilisée ou lue par un scientifique dans le cadre de son activité à un moment déterminé de l'histoire. Elle pourra être définie comme scientifique en fonction : des personnes qui la créent, l'utilisent et la lisent ; de ce pourquoi elle est créée, utilisée ou lue ; du moment où elle est créée, utilisée et lue ; du rapport qu'elle entretient avec la science.

Bibliographie

- Allamel-Raffin, C. (2004). *La production et les fonctions des images en physique des matériaux et en astrophysique*. Louis Pasteur, Strasbourg.
- Allamel-Raffin, C. (2006). La complexité des images scientifiques : ce que la sémiotique de l'image nous apprend sur l'objectivité scientifique. *Communication et langages*, 149(septembre 2006), 97-111.
- Anderson, W. C. (1982). Qu'est-ce qu'un fait scientifique ? *Critique*, 38, 1023-1038.
- Aron, R. (1980). *Les étapes de la pensée sociologique*. Paris: Gallimard.
- Bachelard, G. (1934). *Le Nouvel Esprit Scientifique*. Paris: PUF.
- Barthes, R. (1985). *L'aventure sémiologique*. Paris: Seuil.
- Crevaux, J., & Le Janne, E. (1882). Récit succinct du 3^e voyage dans l'Amérique équatoriale. *Archives de médecine navale*, 37, 26-53.
- Durkheim, E. (1884). *Cours de philosophie fait au lycée de sens*. Unpublished manuscript, Paris.
- Fleck, L. (2005). *Génèse et développement d'un fait scientifique*. Lonrai: Les belles lettres.
- Lapeyssonie, L. (1961). Un problème épidémiologique non résolu : la méningite cérébro-spinale en Afrique. *Médecine tropicale*, 21, 497.
- Lapeyssonie, L. (1963). La méningite cérébro-spinale en Afrique. *Bull World HealthOrgan, suppl* 28, 1-114.
- Le petit Robert*. (2009). Paris.
- Lissalde, C. (2001). L'image scientifique. Définitions, enjeux et questions. . *BBF*, 46(26-33).
- Moal, L. (1906). Campagne anti-paludique à Conakry. *Annales d'hygiène et de médecine navale.*, 9, 558.
- Mourral, I., & Millet, L. (1999). *Histoire de la philosophie par les textes*. Paris: Universitaires Eds.

- Palsky, G. (1996). *Des chiffres et des cartes. Naissance et développement de la cartographie quantitative au XIX^e siècle*. Paris: CTHS.
- Palsky, G. (2004). La carte. *Hypergeo*, 3.
- Peirce, C. S. (1978). *Ecrits sur le signe* (G. Deledalle, Trans.). Paris: Seuil.
- Pellereau, E. G. (1881). Pathologie mauricienne des fièvres palustres. *Archives de médecine navale*, 36, 422.
- Pestre, D. (2006). *Introduction aux Science Studies*. Paris: La découverte.
- Sardet, M. (2007). *Naturalistes et explorateurs du service de santé de la marine au XIX^e siècle*. Paris: Pharmathèmes.
- Sicard, M. (1998). *La fabrique du regard. Images de la science et appareil de vision (XV^e - XX^e siècle)*. Paris: Odile Jacob.
- Snow, J. (1854). *On the mode of communication of cholera*.
- Thomson, M. C., Molesworth, A. M., Djingarey, M. H., Yameogo, K. R., Belanger, F., & Cuevas, L. E. (2006). Potential of environmental models to predict meningitis epidemics in Africa. *Tropical Medicine and International Health*, 11 (6), 781–788.
- Tiercelin, C. (1993). *C.S. Peirce et le pragmatisme*. Paris: PUF collection philosophie.
- Viaud, M. (1864). L'île de Poulo-Condore, topographie médicale et rapport sur la situation présente. *Archives de médecine navale*, 1, 80.

Biographie

Claire Birchenall est doctorante en sciences de l'information et de la communication à l'IEP d'Aix en Provence. Elle travaille comme documentaliste archiviste à l'Institut de Médecine Tropicale du service de santé des armées à Marseille.

Le « cycle de l'image » selon Gilbert Simondon. Une définition génétique de l'image scientifique

Vincent BONTEMS

Commissariat à l'Energie Atomique, France

Résumé : La définition générale de l'« image scientifique » soulève des difficultés quant à son extension comme sa compréhension. La procédure bachelardienne de l'« analyse spectrale » permet de les lever en élaborant une notion d'image fondée sur sa production phénoménoteknikue et dont la valeur opératoire est distribuée selon les horizons théoriques. Mais cette notion ne restitue pas le dynamisme propre à l'image au sein de la recherche. C'est pourquoi il faut adopter une approche *génétique*, au sens où Allamel-Raffin explique l'image à partir de sa genèse et où Simondon étudie son développement au cours des phases d'un « cycle de l'image ». Cette méthode peut être adaptée aux phases du cycle de la connaissance analysées par Gonseth. Toutefois, l'image change aussi de sens quand elle sort du champ scientifique et devient le véhicule de « mythologies » (Barthes) dans la société.

Abstract: To define the scope of “scientific image” in a general way while maintaining a meaningful notion is not easy. A method called “spectral analysis” by Gaston Bachelard can help: the meaning of “scientific image” is based on its “phenomenotechnical” production, and its operational value depends on the theoretical horizon to which it belongs. But this definition does not explain the image dynamics in scientific research. A genetic approach is needed, as both Catherine Allamel-Raffin and Gilbert Simondon have argued: one should study the image development more like a life cycle. Further, this method can be adapted to the knowledge cycle described by Ferdinand Gonseth. Also, the meaning of image is transformed according to “mythologies” (Roland Barthes) when it circulates, outside science, in the society at large.

C'est une question de méthode qui nous est adressée : « Peut-on et doit-on définir l'image scientifique ? ». Elle mérite d'être prise au sérieux. La recherche d'une définition pour « l'image » en contexte scientifique soulève

au moins deux difficultés majeures. D'une part, la définition de l'image en science oscille entre une extension maximale (où elle recouvre l'ensemble des éléments non-textuels) et la restriction aux représentations proches de la perception visuelle. D'autre part, elle dépend largement de la discipline qui la prend pour objet d'étude : la philosophie, la sociologie, la sémiotique, la sémiologie, ne partagent pas les mêmes présupposés sur les caractéristiques des objets recevables en tant qu'image. La diversité des sciences productrices d'images, la pluralité des fonctions qui leur sont attribuées en science, et leur évolution au cours de l'histoire achèvent de complexifier par avance une tentative de définition générale. Pour autant, on ne saurait s'en tenir à une connivence mal fondée, ni se satisfaire d'une équivocité radicale au risque d'entretenir les malentendus, sous peine de frapper d'inconsistance la notion.

Dans ces conditions, seule une « l'analyse spectrale » [Bachelard 1975] permet l'élaboration d'une définition opératoire de l'image dans tous ses états. Il s'agit de relever l'interférence entre les différentes acceptions d'une notion et leur valeur opératoire dans tel ou tel horizon scientifique ou à tel ou tel stade historique d'une science. Si on laisse de côté, pour l'instant, le problème de l'historicité de la notion d'image scientifique, on peut se fixer comme idéal régulateur la tâche de classer les différents types d'images intervenant dans les sciences et d'en examiner l'importance relative en chaque horizon, puis d'examiner la sélection qu'opèrent les disciplines d'objectivation des images et la pertinence de leurs outils.

Toutefois, même en disposant ainsi d'un tableau précis des contextes scientifiques où intervient un type d'image (schéma, graphique, diagramme, photographie, radiographie, image de synthèse, symbole, dessin...) certaines difficultés demeureront, en raison notamment de la tension entre les multiples fonctions attribuables aux images au cours de la recherche. L'image n'est pas une réalité statique dans la recherche, même si c'est l'impression qu'elle donne dans les articles publiés, c'est-à-dire en fin de parcours. Les images scientifiques se transforment et se tra(ns)duisent les unes dans les autres : elles sont reproduites, retravaillées, et mises en série. Elles participent à différentes phases de l'élaboration de la connaissance, faisant émerger les problèmes, permettant la schématisation d'hypothèses, servant évidemment à contrôler la validité de ces hypothèses, et illustrant les résultats obtenus. A chaque étape, les images « travaillent » et sont prises dans une dynamique.

C'est pourquoi la proposition de Gilbert Simondon de suivre l'image au cours de son « cycle de développement » est intéressante. Elle articule les diverses fonctions que l'image assume *avant*, *pendant* et *après* la perception. Cette analyse peut être transposée au cycle de la connaissance en tant qu'il se déroule avant, pendant et après l'*expérimentation*. Si cette approche de l'image en tant que processus perturbe les réquisits habituels des disciplines analytiques, elle produit une définition *génétique* qui a le mérite de rendre raison de l'irréductibilité de la notion aux cas particuliers tout en offrant un cadre pertinent pour s'orienter au sein de la multiplicité sémantique qui en résulte. Tâchant donc de prendre au sérieux la double question qui nous est adressée, « peut-on ? » et « doit-on ? », nous développerons certains aspects

méthodologiques complexes et abstraits de la définition transdisciplinaire de l'image scientifique. Pour que ces analyses ne semblent pas émerger de nulle part, nous nous appuyons sur les résultats de nos recherches antérieures sur les images des nanotechnologies et sur les images de l'astrophysique (menées avec nos collègues Alexeï Grinbaum et Vincent Minier). Nous envisagerons, pour finir, ce qu'il advient de l'image scientifique quand elle s'échappe du champ scientifique et circule dans la société.

L'enjeu d'une définition opératoire de la notion d'« image scientifique »

Il n'est pas aisé de circonvenir la notion d'image scientifique : d'une part, il est difficile d'en fixer l'*extension* en raison de la variété des images en contexte scientifique, d'autre part, les différentes disciplines qui étudient les images en science ne s'accordent pas forcément, ce qui rend problématique la *compréhension* de la notion.

Selon la typologie de la sémiotique de Charles Sanders Peirce [Pierce 1978], les signes sont de trois sortes : les icônes, qui réfèrent à leur objet en vertu de leur ressemblance avec lui, les indices qui sont des traces ou des effets de cet objet, et les symboles qui renvoient à l'objet par convention ou selon une loi. Or, les « images » en contexte scientifique peuvent appartenir à tous ces régimes de référence du signe : on trouve des représentations iconiques (des dessins, des images de synthèse), mais aussi et surtout des indices tels que les graphiques ou les produits de l'imagerie scientifique, et des symboles, tels que les diagrammes (de fluence, de phases) et les symboles des équations. Dès lors, en adoptant une acception large de l'image en tant qu'ensemble des « éléments non-textuels » qui participent à la science, on se retrouve dans la plus grande confusion. En fait, même la distinction première entre image et texte laisse à désirer : en prolongeant les analyses de Gilles Châtelet [Châtelet 1993], Charles Alunni a souligné que les lettres des équations mathématiques (qui figurent les variables ou des opérateurs) sont elles-mêmes justiciables d'une analyse du déploiement virtuel du diagramme en tant qu'elles possèdent une générativité et une variation interne [Alunni 2005]. Si l'on pousse donc jusqu'au bout l'inflation du champ des images, on se rend compte qu'il est finalement assez difficile de le délimiter par rapport au texte avec lequel elles interagissent.

On peut, certes, procéder à l'inverse, en limitant l'extension de la notion aux représentations les plus proches de la perception visuelle, c'est-à-dire à la prénotion issue du sens commun. Dans ce cas, le risque est de perdre ce qui fait la richesse de l'image en science, car une telle définition renvoie aux aspects les plus superficiels de l'image. Non seulement elle élimine les représentations symboliques pour s'en tenir aux représentations iconiques ou indicielles, mais elle sélectionne celles-ci en fonction de leur similitude avec la perception visuelle. Ce faisant, elle « perd de vue » que l'information véhiculée par une image scientifique diffère justement de celle fournie par la perception visuelle : c'est parce qu'elle n'est pas identique à l'observation à l'œil nu qu'une image vaut aux yeux du scientifique. En confondant l'image

scientifique avec la vision ordinaire, on se méprend sur sa nature, car l'on occulte son mode technique de production et la sélection de l'information qu'elle opère en tant que schéma de la connaissance mettant en relation un horizon théorique avec un horizon expérimental [Gonseth 1963].

Ainsi les données relevées par les microscopes à sonde locale (AFM ou STM) en nanotechnologies sont d'abord représentables sous forme de sobres graphes avant qu'un algorithme n'en fasse les représentations infographiques dotées de « fausses couleurs », d'ombres et d'un volume tridimensionnel. Le graphe et l'infographie tra(ns)duisent les mêmes données, mais ils fournissent des informations différentes au regard scientifique qui les interprète de manière correcte parce qu'il connaît leurs techniques de production et qu'il peut les comparer. Les images de la science ne relèvent donc plus d'une simple phénoménologie pour être interprétées, mais de ce que Bachelard nommait la « phénoménotechnique » [Bachelard 1983 : 16-17].

L'enjeu de la définition de l'image scientifique est la compréhension de son intelligibilité distinctive. La phénoménotechnique éclaire la relation de cette intelligibilité à l'horizon expérimental, mais il faut aussi la relation à l'horizon théorique. La notion de diagramme est particulièrement éclairante à cet égard. Un diagramme est la figuration simplifiée de rapports entre des *concepts* plutôt qu'entre des objets (que serait un croquis) ; il expose un système des relations virtuelles au sein duquel s'esquissent les évolutions potentielles d'un système à partir de données extraites d'états de choses. Un « diagramme de phases » expose des transitions de phases (gazeuse, liquide, solide) selon la pression et la température auxquelles une substance est soumise. Ce diagramme bidimensionnel transmet de l'information qui ne peut se réduire ni au récit d'une seule évolution linéaire, ni à la description d'un unique état de chose. Voici comment le philosophe Gilbert Simondon utilise un diagramme de phase pour préciser quel est le champ d'application de la notion de « métastabilité » dans la physique des transitions de phase :

Si nous partons d'une substance liquide à l'état d'équilibre stable, sous une pression P, et si nous abaissons progressivement la température en maintenant cette pression constante, les points représentatifs se déplaceront de droite à gauche sur la parallèle F_1P à l'axe des températures. Si le point représentatif pénètre dans le domaine de stabilité de l'état cristallin, le liquide considéré sera à l'état métastable. [Simondon 2005 : 74-75]

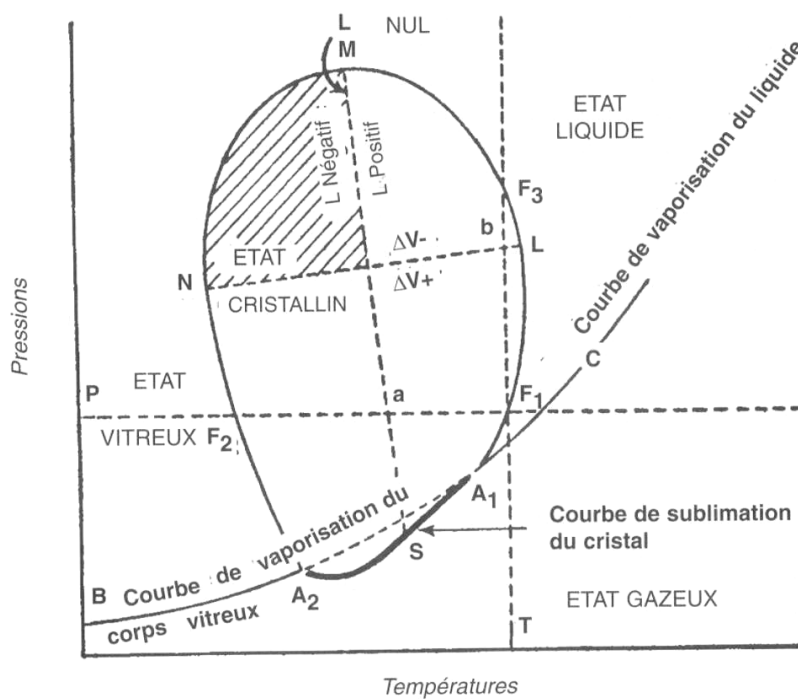


Fig. 1 : « Domaines de stabilité des différents états » [Simondon 2005 : 74]

Le trajet conceptuel proposé à notre regard par Simondon n'est qu'une possibilité parmi toutes les variations virtuelles que le diagramme [Fig. 1] ouvre dans un champ multidimensionnel qui dépasse les possibilités d'une série de mots. Le diagramme permet d'anticiper des processus potentiels parce qu'il possède, *pour qui en connaît la règle*, un caractère opératoire : lire un diagramme correctement, c'est savoir le faire « fonctionner ». Ce fonctionnement, qui l'oppose à une représentation statique et inerte, n'est possible que parce qu'il est investi par des virtualités internes. Il importe donc d'objectiver l'image scientifique sans la vider de ces virtualités qui fondent son intelligibilité. Ainsi, en amont de la difficulté de circonscrire l'extension de l'image scientifique, réside un obstacle épistémologique : l'image est une notion qui nous est trop familière, si bien qu'elle demande un effort toujours renouvelé pour être traitée comme un objet rigoureusement défini ; la rupture épistémologique est sans cesse menacée par une rupture de sa relation avec ses horizons théorique et expérimental associés et la régression vers la prénotion du sens commun.

L'analyse spectrale de la valeur opératoire de l'image selon les horizons

Toutefois, la rupture épistémologique indispensable à l'objectivation de l'image est d'autant plus fragile que la variation de l'extension et de la compréhension conceptuelle de l'image n'est que le reflet de la pluralité des méthodes d'objectivation savante de l'image. Ce second obstacle est encore plus massif et insurmontable : les disciplines (épistémologie, sémiotique, sémiologie, sociologie, etc.) qui prennent l'image scientifique pour objet, font porter sur elle des exigences théoriques divergentes et peut-être même contradictoires. C'est le problème de fond qui motive la question qui nous est adressée : si nous hésitons à définir la notion d'image dans nos échanges, c'est que nous soupçonnons que souvent nous ne parlons pas de la même chose, et si nous ne parlons pas du même objet, c'est parce que nous ne nous intéressons pas aux mêmes fonctions de l'image dans la science. De ce fait, un dilemme apparaît entre la résignation à l'équivocité, qui engendre une confrontation, probablement stérile, de notions hétérogènes, et la recherche d'une définition commune qui serait invariante et qui produirait une notion *a minima* sans doute de peu d'utilité. Entre ces deux extrêmes, on peut bien sûr imaginer des typologies communes et des zones de contact privilégiées, mais le philosophe constate tout de même que l'on ne maintient plus l'exigence d'une définition qui soit à la fois transdisciplinaire et opératoire.

Pour nous sortir de ces écueils symétriques, il faut modifier ce que l'on entend par « définition » ou, plutôt, renoncer à « l'idée même (que quelques-uns partagent encore) selon laquelle la définition est la procédure normale par laquelle le sens d'un mot peut être assuré et précisé » [Gonseth 1963 : 123]. En effet, poser la définition préalable rigide d'une notion avant d'en avoir étudié la valeur opératoire au sein d'un horizon théorique et expérimental particulier, c'est s'abuser sur le pouvoir du langage d'enfermer l'essence des choses. Il faut renoncer à cette sécurité illusoire qui fausse d'entrée de jeu l'analyse. Cela ne signifie pas que l'on renonce à élaborer une définition opératoire : celle-ci sera obtenue chemin faisant, au fur et à mesure que se précisera le contexte scientifique dans lequel la notion est engagée. Si la notion ne sera pas invariante, elle ne sera pas non plus dotée d'une plasticité radicale, car il faut alterner ces engagements conceptuels, qui spécifient la notion, avec des phases de distanciations, qui permettent son transfert vers d'autres horizons. On obtient, au terme de cette procédure, une notion dont la valeur opératoire se trouve *distribuée* en fonction des horizons plutôt qu'invariable, et dont l'unité relève de sa résistance analogique aux transferts successifs plutôt que d'une identité maintenue à tout prix. On découvrira alors peut-être que des dessins occupent des fonctions analogues dans un horizon à celle qu'assume des graphes ou des photographies dans un autre horizon, et que la valeur opératoire d'un même type d'image varie considérablement d'un horizon à un autre.

Cette procédure est nommée « analyse spectrale » par Bachelard qui l'emploie à plusieurs reprises soit pour mesurer la transformation progressive d'un concept scientifique, lorsqu'il est réinterprété par des philosophes qui

l'extraient de son horizon d'origine, soit pour mesurer les transformations d'une notion au travers des évolutions historiques d'une science (et dans ce dernier cas, il en résulte « le profil épistémologique » de la notion). Or, il est à noter que Bachelard applique aussi cette procédure aux « images » dans ses œuvres consacrées à l'imagination et à la poésie. Il s'agit alors des images au sens de *métaphores*, mais cela reste pertinent pour notre analyse puisqu'on ne peut délimiter *a priori* l'extension de la notion d'image, ni par conséquent exclure les « images mentales », y compris celles induites par la lecture. Dans son *Lautréamont*, Bachelard explicite sa méthode appliquée aux images :

Une statistique rapide donne, parmi les 185 animaux du bestiaire ducassien, les premiers rangs au chien, au cheval, au crabe, à l'araignée, au crapaud. Mais il nous est apparu bien vite qu'une statistique en quelque manière formelle éclairait bien peu le problème lautréamontien, et même qu'elle risquait de le mal poser. [...] Il fallait donc, pour être psychologiquement exact, restituer la valeur dynamique, le *poids algébrique* mesurant l'action vitale des divers animaux. [...] Et c'est après avoir adjoint un coefficient dynamique que nous avons refait notre statistique. [Bachelard 1995 : 27]

Bachelard a recensé et pondéré les métaphores animalières présentes dans *Les chants de Maldoror* pour percer à jour leur cohérence (qu'il assimile à une structure de groupe). Dans ses œuvres consacrées aux « éléments », il procède à l'inverse en recensant les divers poètes qui usent de formules poétiques similaires. Ce qu'il a en vue, mais ne réalise pas, c'est le couplage de ces analyses spectrales croisées dont devrait émerger une sorte de *matrice* où il serait possible de repérer quelle valeur prend une image, ou un concept, dans tel ou tel horizon poétique ou scientifique à une époque donnée. C'est, bien sûr, un programme si ambitieux qu'il est probablement irréalisable : si l'on entreprenait de formaliser ce procédé, on se heurterait rapidement à l'énormité de la tâche, à l'hésitation sur le choix des critères et à l'évolution historique de notre grille d'analyse. Il est donc vraisemblable que l'« analyse spectrale » n'est pas une procédure permettant de saturer sous la forme d'un tableau multidimensionnel parfaitement cohérent l'intégralité des images scientifiques. C'est tout de même la formulation d'un objectif qui peut guider la recherche et doit nous inciter à ne pas renoncer d'entrée de jeu à manipuler transdisciplinairement et de façon contrôlée la notion d'image. A la question « peut-on définir l'image scientifique ? », l'analyse spectrale répond, en droit sinon en fait, par l'affirmative.

Une définition dynamique de l'image à partir d'une approche génétique

Face au risque d'une confrontation stérile de conventions hétérogènes ou d'une définition transversale invariante *a minima* par trop réductrice et superficielle, l'analyse spectrale offre, en tant que procédure de définition opératoire, un expédient permettant de surmonter le double obstacle de la diversité des images et de la pluralité des méthodes d'objectivation. Cette élaboration de la notion d'image produit une *valeur opératoire distribuée en*

fonction des différents horizons où elle se trouve engagée et dont l'unité tient à sa circulation analogique entre horizons. Toutefois, quel que soit la valeur de ce cadre régulateur, il ne suffit pas à répondre à la seconde question : « doit-on définir l'image scientifique ? ». Bachelard lui-même mettait en garde contre le risque de dénaturer l'image lorsqu'on la traite comme un concept. Non pas tant parce que les concepts « diurnes » s'opposent aux images « nocturnes » de la poésie, mais surtout parce qu'il entend respecter le *dynamisme* de l'image en tant que telle. Car ce n'est pas un hasard si l'image échappe aux définitions stables par lesquelles on voudrait lui assigner une position fixe dans un horizon. L'image n'est pas une réalité statique dans la recherche, elle accompagne le mouvement même de la pensée.

L'une des leçons essentielles des travaux de Catherine Allamel-Raffin est que l'image n'est pas un élément inerte du dispositif scientifique auquel se pourrait assigner une position définitive dans la connaissance et qu'elle doit être appréhendée au moyen d'une méthode *génétique*, c'est-à-dire en fonction des conditions (phénoménotecniques) de sa production. L'image est comprise dans son évolution à partir de cette genèse. Il faut l'étudier en adoptant une perspective génétique qui correspond à la question « Comment les images sont-elles produites ? » [Allamel-Raffin 2009 : 19]. En effet, l'intelligibilité de l'image dépend étroitement de son contexte de production et des modifications qu'elle subit en circulant dans le champ scientifique. L'image accompagne le progrès de la recherche dans toutes ses phases.

On retrouve ainsi des images au cours des quatre phases du cycle de la connaissance qu'à analysé l'épistémologue Ferdinand Gonseth : l'image intervient d'abord dans la formalisation d'un problème, dans l'élaboration des hypothèses pour le résoudre, dans leur mise à l'épreuve expérimentale, et dans la révision du problème en fonction des résultats [Gonseth 1975]. Ce sont, la plupart du temps, des images différentes qui participent à ces différentes phases : par exemple, dans une recherche sur la vaporisation de couches de molécules, le nano-chimiste commencera par approximer le résultat escompté à partir de la représentation schématique de la molécule et de l'assemblage probable de plusieurs molécules entre elles ; mais il soupçonne déjà que ce schéma n'est qu'une anticipation imparfaite, car des forces de torsion sont susceptibles de s'exercer « dans la réalité », et l'observation du résultat réel grâce à un microscope à sonde locale va effectivement lui révéler que les molécules se sont assemblées différemment de ce qu'il avait prévu et que les angles entre les branches des molécules sont modifiés par rapport à ce qu'ils sont quand la molécule se trouve à l'état libre en solution. Le chercheur débute donc ici sa recherche avec une image iconique (le schéma de la molécule), élabore une hypothèse quant à l'assemblage au moyen de ce qui n'est plus qu'un croquis, se soumet au verdict de l'expérience grâce à une image indicielle (obtenue au terme d'une production phénoménotecnique : le relevé des différences de potentiel est traduit en un graphe qui est lui-même tra(ns)duit sous la forme d'une image infographique), puis peut, le cas échéant, fixer la trace de cette organisation typique sous forme d'un symbole évocateur.

Dans d'autre cas, c'est la même image qui est retravaillée à différentes étapes du raisonnement scientifique. Ainsi, la photographie d'une nébuleuse, qui est la trace d'une observation astrophysique réalisée dans le spectre de la lumière visible, peut être retraitée de manière à révéler par l'intensité de ses couleurs l'intensité de la lumière, accentuant les contrastes et conférant à l'image une lisibilité de l'information que l'image source, plus proche de la ressemblance avec la perception visuelle, n'avait pas révélée. D'autres images des astres, aux origines phénoménotechniques plus complexes (telles que celles issues du télescope Hubble que la vulgarisation a popularisées) se prêtent à des retraitements plus riches et variés. Au moyen d'algorithmes, il est possible de leur conférer des fausses couleurs en fonction des éléments chimiques observées. Pour rendre compte de ces processus de transformation de l'image, Allamel-Raffin distingue entre les « images sources », *premières dans l'ordre chronologique de production*, et les « images retraitées » qui sont *réalisées à partir d'une autre image* ; et elle identifie un troisième type d'image, les « images de synthèse », produites exclusivement à l'aide de programmes informatiques, que ce soit dans le cadre d'une modélisation ou d'une simulation. C'est en se transformant, que l'image peut assumer une série de fonctions cognitives différentes au cours du cycle de la connaissance.

Le modèle simple et robuste de l'activité scientifique de Gonsseth peut se transposer à toutes les sciences, ce qui permet d'envisager une approche dynamique et transversale. Lors de la première phase, l'image sert à identifier un problème, souvent au moyen d'images sources, ou à le formaliser à l'aide de représentations conventionnelles ; durant la deuxième phase, toutes sortes d'images sont mobilisées pour élaborer une « représentation hypothétique » capable de résoudre ce problème, qui peut être synthétisé au moyen d'images de synthèse ; les images issues de la troisième phase, qui est la plus cruciale, sont celles qui permettent de se soumettre au verdict de l'expérience, elles sont le plus souvent issues d'un dispositif phénoménotechnique ; la quatrième phase consiste souvent à intégrer les résultats de l'expérience dans une image symbolique qui condense l'information et soulage la mémoire. Il peut y avoir des va-et-vient entre les première et deuxième phases et entre les deuxième et troisième. Or, qu'il y ait substitution ou transformation entre ces images d'une phase à l'autre, c'est bien la mise en série transductive qui permet d'appréhender la dynamique de la recherche et l'évolution des fonctions cognitives de l'image en science. Si cette évolution de l'image se mesure principalement, dans la perspective génétique proposée par Allamel-Raffin, par l'éloignement à partir du contexte de production, il s'opère une autre évolution, en parallèle, qui correspond à l'évolution de la fonction de l'image au sein d'un ensemble complexe de représentations mentales. L'image « devient » en même temps que s'accomplit le cycle des phases de la connaissance. C'est pourquoi il faut aller au-delà de la circulation de l'image au sein de l'analyse spectrale – qui a déjà le mérite de préciser à chaque fois sa valeur distribuée en chaque horizon – pour s'orienter vers une définition *dynamique* capable de rendre compte des transformations de l'image mentale. Cette méthode est génétique au sens où elle suit le cycle de développement :

L'image mentale est comme un sous-ensemble relativement indépendant à l'intérieur de l'être vivant sujet ; à sa naissance, l'image est un faisceau de tendances motrices, anticipation à long terme de l'expérience de l'objet ; au cours de l'interaction entre l'organisme et le milieu, elle devient système d'accueil des signaux incidents et permet à l'activité perceptivo-motrice de s'exercer sur un mode progressif. Enfin, lorsque le sujet est à nouveau séparé de l'objet, l'image, enrichie des apports devient symbole. De l'univers des symboles intérieurement organisé, tendant à la saturation, peut surgir l'invention qui est la mise en jeu d'un système dimensionnel plus puissant, capable d'intégrer plus d'images complètes selon le mode de la complémentarité synergique. Après l'invention, quatrième phase du devenir des images, le cycle recommence, par une nouvelle anticipation de la rencontre de l'objet, qui peut être sa production. [Simondon 2008 : 3]

La particularité de la définition génétique de l'image proposée par Gilbert Simondon est d'accorder une relative autonomie à l'image par rapport à la conscience imageante. L'image est d'abord une réalité infra-perceptive, qui précède et devance la rencontre avec l'objet, sous forme de tropismes pour les organismes les moins évolués et jusqu'à des formes plus complexes d'anticipation dans le cas des individus psycho-sociaux (les stéréotypes nationaux jouant par exemple ce rôle à l'échelle des sociétés). L'image se développe ensuite à travers l'expérience de la perception, se modifiant en fonction de la rencontre de l'objet ; elle devient schème d'appréhension et d'action, c'est-à-dire image intra-perceptive. Puis, chez les organismes dotés de capacités mémorielles, il demeure une trace de cette expérience perceptive sous la forme du souvenir, d'une image post-perceptive. L'ensemble de ces images traces n'est pas toujours cohérent et il s'opère une sélection et une réorganisation qui en facilite la mémorisation : cette phase s'opère souvent grâce à une extériorisation symbolique. Quand ce processus conduit à la découverte d'une réorganisation féconde des relations entre les images, il se produit une « invention », la découverte d'une nouvelle intelligibilité. Les symboles deviennent alors le moyen d'un renouvellement des anticipations et le cycle de développement de l'image constitue un véritable progrès.

Une transposition de ce cycle de développement des images *avant*, *pendant* et *après* la perception au cycle des quatre phases de la connaissance permet de définir l'image génétiquement, non seulement en fonction de son éloignement par rapport à son contexte de production phénoménoteknique, mais aussi en fonction de sa dynamique intellectuelle de la recherche avant, pendant, et après l'acquisition d'information par l'*expérimentation*. Il est intéressant de noter que la mise en relation des deux approches génétiques produit un enrichissement mutuel. La génétique simondonienne confère une continuité dynamique aux analyses d'Allamel-Raffin en donnant sens à la série des diverses images par l'enchaînement des transductions techniques et mentales qui font passer de l'une à l'autre. Tandis que la méthode génétique d'Allamel-Raffin, dans la mesure où elle met au premier plan le rôle des instruments et des algorithmes, met en évidence que le développement de l'image ne s'opère pas seulement *in vivo*, c'est-à-dire au sein de l'organisme

vivant, mais aussi *in vitro*, c'est-à-dire par le truchement des machines. Enfin, le concept d'invention éclaire utilement la phase de révision qui intervient, une fois le cycle bouclé, quand un changement de niveau conceptuel s'opère et que se réorganisent les relations entre une multiplicité d'images.

Ce cycle où le résultat final peut, dans certains cas, devenir le moyen de nouvelles formes d'anticipations (par exemple, quand on dispose d'un modèle ou d'une carte) et déclencher le passage à un niveau supérieur de conceptualisation, voire permettre la production, est particulièrement adapté à la formalisation des processus de modélisation où le chercheur élabore son modèle en contrôlant sa validité expérimentalement. Mais on peut aller plus loin et prendre aussi en compte les images produites par des simulations. Avec Sébastien Bourbonnais, un étudiant architecte qui participe à l'*Atelier Simondon*, nous avons mis ce cycle à l'épreuve de l'architecture numérique, c'est-à-dire de la conception architecturale qui est non seulement assistée par ordinateur mais même *déléguée* à des programmes générateurs de formes. Cela revient à dire qu'il s'opère un double décentrement du cycle de l'image par rapport au sujet et à l'objet : l'ordinateur assume une part importante du développement *in vitro* du cycle de l'image et il en est, à ce titre, l'opérateur, mais l'image produite au final, par l'intervention sélective et réorganisatrice de l'architecte, n'est plus l'image d'un objet préexistant ou en relation avec les bâtiments déjà existants, elle fonde une anticipation architecturale à partir de la seule simulation.

La circulation de l'image scientifique hors du champ scientifique

Les images produites par les scientifiques échappent à leur contrôle en sortant du champ scientifique, si bien que leur signification se transforme progressivement en s'éloignant de leur contexte de production : les revues de vulgarisation illustrent leurs articles au moyen d'images obtenues au moyen d'instruments phénoménotecniques, tels que les microscopes à sonde locale, mais en en proposant une interprétation qui occulte souvent la complexité de leur production pour les rapprocher des évidences intuitives supposées de leur lectorat. Par ailleurs, des images issues du champ des nanotechnologies sont fréquemment exhibées en tant qu'« œuvres d'art », ce qui en modifie radicalement les modalités d'interprétation. Il s'est ainsi formé une sorte de « marché parallèle » où les images scientifiques sont converties en images artistiques. Certaines images scientifiques possèdent une qualité esthétique évidente et sont spontanément identifiées comme de « belles images ». Elles peuvent être converties dans le champ artistique sans difficulté. L'étude de cette transformation du statut et des fonctions des images met en évidence la dégradation de l'information initiale au fur et à mesure qu'elle s'éloigne de son contexte de production, des normes d'évaluation du champ scientifique et échappe au contrôle des chercheurs. Au lieu d'être enrichie, comme elle l'est durant le cycle de la connaissance, l'image dégénère. Mais l'analyse doit aussi prendre en compte les nouvelles fonctions symboliques qu'assument ces images à travers leur circulation et leur impact sur le grand public.

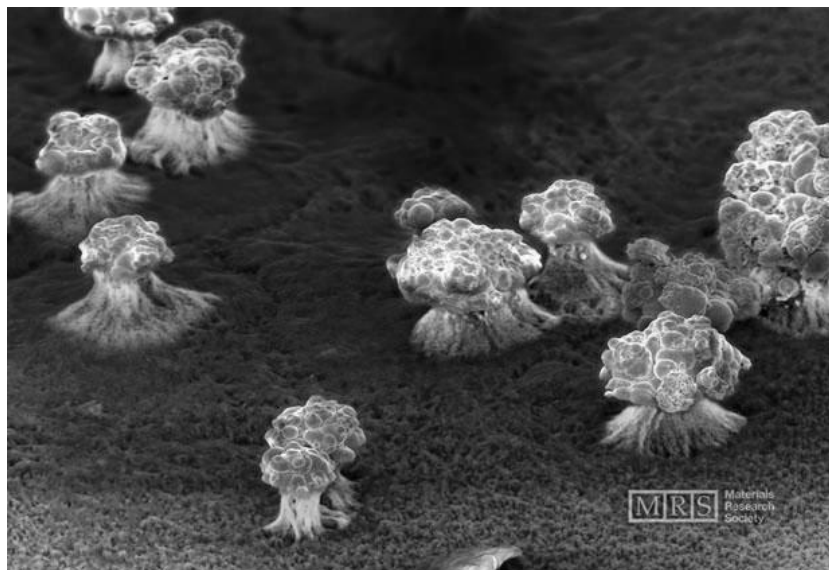


Fig. 2: « *When nano-wires explode* »¹

Ainsi, l'image de la saturation électrique de cristaux semi-conducteurs sur une plaque électrique [Fig. 2], qui est une image statique obtenue par balayage, devient, une fois exhibée comme une œuvre d'art et pourvue d'un titre tel que « Quand les nano-fils explosent », une image inévitablement interprétée comme étant la représentation dynamique d'explosions thermonucléaires ! L'image scientifique réalisée par Fanny Beron, à l'aide d'un micrographe électronique de balayage, une fois convertie sur le marché du « nano-art » est censée éveiller, selon sa créatrice, la conscience du public aux conséquences imprévisibles de la recherche dans les nanotechnologies. A notre sens, elle illustre plutôt les effets parfaitement prévisibles du transfert des images hors du champ scientifique. Olivier Cibois, un infographiste de nos amis, s'est amusé à réaliser une transformation très simple de cette image en fausse couleur : il a remplacé la coloration en rouge par la couleur verte ; désormais plus de funestes champignons nucléaires mais d'inoffensifs « nano-brocolis » pour l'œil profane ! Le but d'une telle manipulation n'est pas de remplacer des associations d'images négatives par d'autres positives, mais de rendre sensible au fait même que l'image scientifique, lorsqu'elle quitte le champ scientifique, se soumet à d'autres normes d'interprétation et véhicule une charge affective qui entre en résonance avec d'autres images. La dynamique de l'image n'est plus soumise au régime diurne des concepts de la

¹ Source: Fanny Beron (Ecole Polytechnique de Montréal), Material Research Society, récompensée lors du concours « Science as Art » 2007 : <http://www.nanowerk.com/news/newsid=3811.php>

science, mais aux dynamiques nocturnes des structures de l'imaginaire [Durand 1969].

Pour comprendre ce processus, il est utile de rappeler l'analyse que Roland Barthes avait menée sur les mythes contemporains. Le point de départ en sera la transformation de l'image passant du champ scientifique, où son sens dépend essentiellement de son rapport d'anticipation, d'actualisation ou de rétention de la phénoménotéchnique et des virtualités théoriques, à une circulation hors du champ scientifique, où elle devient un signe qui ne tire plus son sens de sa référence à un objet dans un horizon scientifique. D'une certaine manière, l'image bascule du régime sémiotique du signe (où le mode de référence déterminait la typologie) vers celui de la sémiologie (où le signe n'est qu'un accord entre le signifiant et le signifié). Ce n'est évidemment pas un hasard si ce sont certaines images, celles qui se rapprochent le plus de la vision de « choses » qui traversent la barrière sociale du champ : les images de l'astrophysique issues des télescopes circulent souvent hors du champ scientifique, les diagrammes presque jamais. Ce n'est pas seulement qu'ils sont moins colorés et attractifs. Ils ont aussi la propriété d'exhiber leur nature ésotérique, comme les équations, et résistent donc à l'appropriation. Barthes caractérise les mathématiques en tant que « langage indéformable, qui a pris toutes les précautions possibles contre l'interprétation : aucune signification parasite ne peut s'insinuer en lui » [Barthes 1993 : 700]. On peut retraiter l'image d'une galaxie pour l'adapter au goût supposé du public, mais pas un diagramme.

Si les diagrammes circulent difficilement hors du champ scientifique, c'est qu'ils se prêtent assez mal aux mythologies de la société et que leur interprétation demeure trop ostensiblement sous la coupe de la science. Un diagramme ne se livre jamais complètement à une interprétation superficielle, il possède une profondeur virtuelle qui fait obstacle à sa « mythification », alors que « *le mythe ne cache rien* » [Barthes 1993 : 692]. L'image iconique ou indicielle qui ressemble à la perception visuelle possède en revanche cette équivocité superficielle qui lui permet de circuler en société en tant que signe. Elle laisse à chacun la possibilité d'y projeter le sens qui lui convient le mieux. Roland Barthes développait d'ailleurs son analyse du signe en tant que véhicule d'un mythe contemporain sur l'exemple d'une image photographique. Il s'agit d'une couverture de l'hebdomadaire *Paris-Match* représentant en gros plan un jeune Sénégalais, en uniforme de l'armée française, au garde-à-vous. Cette image circule alors comme un signe et convoque immédiatement le mythe de « l'Empire colonial français », du moins pour le lecteur français des années 1950 (car de nos jours, cette référence s'est quelque peu obscurcie et ne saute plus forcément aux yeux) : on devinait inévitablement que ce jeune garçon noir regarde de manière émue le drapeau tricolore et qu'il incarne la fraternité qui transcende les différences de classe ou de race et qui fonde l'universalité de l'Empire.

La réception de ce mythe, véhiculé par le signe, s'opère à travers le rapport du *signifiant* au *signifié*, selon la manière d'*accommoder* : « Selon que j'accommoderai sur l'un ou l'autre, ou sur les deux à la fois, je produirai

trois types différents de lecture » [Barthes 1993 : 697]. Barthes observe en effet que le lecteur de Paris-Match est susceptible d'interpréter cette image de plusieurs manières différentes en fonction non seulement de ses opinions politiques (c'est-à-dire de la polarisation affective que provoque cette image en lui), mais aussi et surtout selon la manière dont il *accommode* sur le signifiant ou/et le signifié. Barthes introduit, ainsi, une analogie entre la réception du sens (le rapport du signifiant au signifié) et la manière dont le regard peut percevoir un objet à travers une vitre : je peux voir l'arbre en oubliant la vitre, je peux aussi voir la vitre en perdant de vue l'arbre, mais je peux aussi regarder l'arbre en ayant conscience de le voir à travers une vitre. Il propose, pour finir, une stratégie d'*accommodation* des mythes qui nous semble pertinente en ce qui regarde les images scientifiques lorsqu'elles circulent dans la société.

Tout comme cette couverture « mythique », les images scientifiques peuvent elles aussi, quand elles circulent hors du champ scientifique, être considérées de multiples façons. Soit qu'on les voit comme un signifiant vide, une illustration. Cette manière d'accommoder est celle, par exemple, des spectateurs naïfs qui confondent les images des sciences avec la vision de choses à notre échelle. Mais elle correspond aussi à l'usage cynique que font de ces images la plupart des « vulgarisateurs » qui popularisent la science : ils illustrent une idée ou un fait scientifique par une image racoleuse, sans trop se préoccuper de l'adéquation de cette image avec l'idée, et en déformant toujours cette image selon l'esthétique qu'ils prêtent au public et sans égard pour le contenu informatif de l'image. – Les images scientifiques peuvent aussi être accommodées comme des signifiants pleins, des représentations sensibles qui dissimulent l'objet intelligible. Elles sont alors tenues pour illusoire, ou tout au moins fallacieuses. Cette accommodation est celle de beaucoup de scientifiques, qui dénoncent des impostures, ou de certains critiques, qui entendent démystifier la communication scientifique (qui s'insurge contre la « propagande » des nano, par exemple). La mise en image se trouve alors dans son principe même mise en accusation. Le dénonciateur rappellera alors que « voir des atomes » est une *vue de l'esprit*, puisque les objets nanométriques sont invisibles, puisqu'ils sont d'une taille inférieure à la longueur d'onde de la lumière. Les qualités esthétiques des images (les fausses couleurs, les ombres, etc.) sont dénoncées comme étant des illusions. La mobilisation affective est refusée au nom de la rigueur scientifique ou de l'intégrité politique. – Enfin, si l'on accommode sur le signifiant de l'image scientifique comme étant à la fois une image issue de la science *et* une image de la scientificité (une image de la science en l'absence de la science), elle acquiert une signification ambiguë plus riche. Elle devient à la fois signe de son référent mystérieux et signe des normes qui pourraient en dissiper le mystère. Elle fait signe dans le même temps vers une possible dynamique d'explicitation scientifique et vers une amplification imaginaire possible. Cette double accommodation permet alors une certaine participation à son spectateur en même temps qu'une distanciation par la conscience même de la mise en image. Elle donne toute sa présence au mythe en tant qu'il est

susceptible de plusieurs interprétations. Elle problématise la fidélité d'une image au sens des opérations techniques et scientifiques qui lui ont donné naissance tout en laissant libre cours à son appropriation imaginaire.

Conclusion

Pour définir l'image scientifique, il faut se déprendre du paradigme issu de la perception des choses ordinaires situées à notre échelle et dégager la spécificité des images scientifiques qui réside dans le type d'intelligibilité qu'elles offrent à un regard averti. L'image scientifique constitue un support de l'intuition scientifique justement parce qu'elle s'élabore en rupture avec les évidences de la perception. La compréhension des images scientifiques, qu'elles soient iconiques, indicielles ou symboliques, suppose la restitution de leur condition phénoménoteknique de production et de leur horizon d'interprétation théorique associé. La plupart des études traduisent cette exigence en un principe de méthode qui consiste à ne pas séparer l'image scientifique de son contexte, c'est-à-dire des relations qu'elle entretient avec le texte qui l'accompagne dans un article.

Toutefois, la compréhension de l'intelligibilité des images en science ne peut se limiter à la restitution d'une signification statique, car l'image est engagée dans un processus de transformation de son sens au cours de la recherche. Elle participe au cycle de la connaissance en se tra(ns)duisant d'une phase à une autre, et sa circulation au sein du champ scientifique correspond aussi à un cycle de maturation cognitive. Le sens de l'image réside dans la valeur opératoire qui résiste à ces transferts analogiques. Il faut donc prendre en compte le développement *in vivo* et *in vitro* de l'image dans la connaissance et en dégager la valeur opératoire. Cette structure analogique de l'image scientifique ne résiste cependant pas au transfert de l'image hors du champ scientifique : l'image passe du statut de référence à un objet selon des normes précises à celui de signe flottant où chacun projette le sens qu'il croit y déceler. La projection est souvent motivée par des « mythologies » sous-jacentes au sens de Barthes. Ce contraste entre le sens de l'image à l'intérieur et hors du champ scientifique impose l'approche transdisciplinaire pour suivre l'image en son devenir.

Il ne suffit pas cependant d'instaurer une démarcation entre les images scientifiques et les images non-scientifiques pour résoudre le problème de sa définition : c'est parfois la « même » image qui est soumise à deux régimes de signification différents. Davantage, le désir d'assurer la pureté de l'image en la démythifiant serait un appauvrissement de sa réalité potentielle. Il faut admettre la nature clivée de l'image et, lorsqu'elle échappe aux normes de l'interprétation scientifique, il est préférable de la comprendre selon toutes les dimensions du mythe qu'elle représente. C'est pourquoi, nous proposons de reprendre la stratégie d'accommodation de Barthes dans la communication scientifique. L'accommodation, qui repose sur la comparaison des diverses mises en images des sciences, paraît d'autant plus indiquée en ce qui regarde

les images scientifiques qu'elle résonne avec le travail épistémologique auquel se livrent les chercheurs eux-mêmes quand ils tâchent de comprendre un phénomène à travers son observation multi-scalaire ou la comparaison de plusieurs canaux phénoménotecniques.

Bibliographie

Catherine Allamel-Raffin, « L'apport d'une perspective génétique à l'analyse des images scientifiques », *Protée*, 37, n°33, hiver 2009-2010.

Charles Alunni, « Qu'est-ce que s'orienter diagrammatiquement dans la pensée ? », *Théorie Littérature Enseignement*, n°22, 2005.

Gaston Bachelard, *La Philosophie du non, Essai d'une philosophie du Nouvel esprit scientifique*, Paris, Presses Universitaires de France, 1975 (1940).

Gaston Bachelard, *Le Nouvel Esprit scientifique*, Paris, Presses Universitaires de France, 1983 (1934).

Gaston Bachelard, *Lautréamont*, Paris, José Corti, 1995 (1939).

Roland Barthes, *Mythologies* (1957) in Roland Barthes, *Œuvres complètes I*, Paris, Seuil, 1993.

Gilles Chatelet, *Les Enjeux du mobile*, Paris, Le Seuil, 1993.

Gilbert Durand, *Les Structures anthropologiques de l'imaginaire*, Paris, Bordas, 1969.

Ferdinand Gonseth, « Analogie et modèles mathématiques », *Dialectica*, XVII, n°2-3, 1963.

Ferdinand Gonseth, *Le Référentiel, univers obligé de médiation*, Lausanne, L'Âge d'Homme, 1975.

Charles Sanders Peirce, *Écrits sur le signe*, Paris, Le Seuil, 1978.

Gilbert Simondon, *L'Individuation à la lumière des notions de forme et d'information*, Paris, Millon, 2005 (1964-1989).

Gilbert Simondon, *Imagination et invention (1964-1965)*, Paris, La Transparence, 2008.

Biographie

Vincent Bontems est né en 1974 à Alger. Ancien élève de l'ENS-LSH, agrégé de philosophie, docteur de l'EHESS en histoire et philosophie des sciences et des techniques, il travaille comme chercheur au Laboratoire de Recherches sur les Sciences de la Matière (LARSIM) du CEA. Il est aussi le secrétaire général du Centre international de Synthèse et l'organisateur de l'*Atelier Simondon* à l'École Normale Supérieure. Son dernier ouvrage est consacré à Gaston Bachelard : Vincent Bontems, *Bachelard*, Paris, Belles Lettres (Figures du savoir), 2010.

Image, événement, présupposition

Jean-François BORDRON
Université de Limoges

Résumé : Les images sont-elles des événements ayant leur mode d'action propre, ou des entités, définissables par des catégories mais essentiellement stables ? Nous essayons de montrer que la notion d'événement, si on la comprend comme un mode d'organisation de ce que W. James appelait « le flux de l'expérience », peut éclairer l'usage scientifique des images. Par ailleurs nous essayons de comprendre comment l'image, loin d'être un accessoire simplement utile, dirige en réalité l'expérience. Nous en donnons des exemples à partir des images fractales. Ceci nous conduit à une réflexion sur la nature *a priori* de certaines images, en nous aidant de paradoxes inventés par le mathématicien J. Bertrand.

Abstract: Are the images events having their mode of appropriate action, or entities, definable by categories but essentially stable? We try to show that the notion of event, if we understand it as a mode of organization of what W. James called " the flow of the experience », can light the scientific usage of the images. Besides we try to understand how the image, far from being a simply useful accessory, manages in reality the experience. We give examples from the fractals' images. This leads us to a reflection on the nature *a priori* of images, by helping us of paradoxes invented by the mathematician J. Bertrand.

1- L'image événement

L'image, si l'on essaie de concevoir son statut dans le contexte des diverses pratiques scientifiques, apparaît comme un moment dans un travail d'élaboration, dans ce que B. Latour¹ appelle un feuilletage, de telle sorte que le caractère autographique que l'on accorde souvent aux images tend ici à disparaître². Nous avons donc affaire à ce que W. James appelait le flux de l'expérience, flux dans lequel l'enquête scientifique, pour reprendre

¹ B. Latour, 2009.

² Voir Maria Giulia Dondero, 2009.

l'expression de J. Dewey, est amenée à découper des images dont la valeur est celle d'un moment de l'expérience, moment toujours précaire, dans lequel l'image perd l'aura que lui accordaient aussi bien ceux qui y voyaient une expression esthétique unique que ceux qui y recherchaient la révélation d'une vérité scientifique. Cette conception que nous résumons à grands traits, et qui peut se rattacher à diverses formes du pragmatisme, laisse ouverte la question de savoir comment finalement se constituent les images, jusqu'à quel point elles dépendent d'un ensemble de pratiques mais aussi de diverses présuppositions de l'action qui leur donnent précisément ce caractère d'images. Il n'est pas certain que nous sachions exactement ce que nous voulons dire par « image », comment il est possible de décider ce qu'est une image et, corrélativement, s'il est concevable qu'il existe une science sans image. Si les images se transforment sans cesse dans le flux de l'expérience, en aval de leur apparition, leur provenance en amont reste d'autant plus mystérieuse. Nous voudrions précisément interroger cette provenance, la façon dont se constitue ce que l'on peut appeler l'image en tant qu'idée régulatrice, ordonnant un nombre très grand de phénomènes. Pour cela, nous demanderons d'abord ce que peut être l'apparition d'une image dans un flux, puis quels grands types d'images on peut espérer distinguer et enfin ce que chacun d'eux semble présupposer comme condition de sa mise en œuvre.

La notion de flux de l'expérience est décrite en divers endroits par W. James. Nous choisissons ce passage dans lequel il exprime l'idée d'une « expérience pure » que l'on peut considérer comme la manifestation extrême de l'idée de flux :

« L'expérience pure » est le nom que j'ai donné au flux immédiat de la vie, lequel fournit la matière première de notre réflexion ultérieure, avec ses catégories conceptuelles. Il n'y a que les nouveaux-nés, ou les hommes plongés dans un demi coma dû au sommeil, à des drogues, à des maladies ou à des coups, dont on peut supposer qu'ils ont une expérience pure au sens littéral d'un cela qui n'est encore aucun quoi défini, bien qu'il s'apprête à être toute sorte de quoi, riche aussi bien d'unité que de pluralité mais dans des rapports non apparents, changeant au fur et à mesure mais de façon si confuse que ses phases s'interpénètrent et que l'on ne peut discerner aucun point, qu'il soit de distinction ou d'identité. L'expérience pure, dans cet état, n'est qu'un autre nom pour désigner le sentiment ou la sensation. Mais son flux tend à se remplir de points d'inflexion aussitôt qu'il se produit, et ces parties saillantes se trouvent alors identifiées, fixées et abstraites, si bien que l'expérience s'écoule maintenant comme si elle était criblée d'adjectifs, de noms, de prépositions et de conjonctions. Sa pureté n'est qu'un terme relatif, désignant la proportion de sensations non verbalisées qu'elle renferme encore.³

L'expérience décrite n'est sans doute pas une expérience scientifique au sens strict mais c'est plutôt l'image pure de toute expérience, la description de son idée. Il importe pour cette raison d'essayer de comprendre

³ « La chose et ses relations », in W. James, 2007, p. 90.

Image, événement, présupposition

comment une image peut apparaître dans ce flux et quels types d'images on peut espérer y reconnaître.

Le flux est donc celui de la sensation à qui il advient de recevoir des points d'inflexion à partir desquels, peu à peu, se constituent des identités qui viennent à être fixées par le langage, aussi bien par la forme prédicative que par des prépositions diverses, des conjonctions et des disjonctions. Le point de départ est donc donné par des saillances issues d'inflexions, ce que l'on peut sans doute rapporter aux diverses qualités sensibles. Celles-ci sont la source de ce que nous appelons les éléments sémiologiques dont nous avons, dans un travail antérieur, étudié l'importance dans certaines images scientifiques⁴.

Par ailleurs, le flux de l'expérience constitue aussi des totalités, qui se font et se défont, mais n'en sont pas moins intelligibles comme un jeu entre des parties, identifiables bien que changeantes, et qui se joignent et se disjoignent :

Aussi loin que nous remontions, le flux, dans son ensemble et dans ses parties, est fait de choses conjointes et séparées.⁵

La grande question est celle des unités. Y a-t-il dans le flux de l'expérience des entités stables que l'on pourrait appeler des objets, au sens où ceux-ci impliquent une certaine continuité d'existence et, problème plus délicat, paraissent aussi correspondre à quelques essences qui les définissent. C'est évidemment ce point qui est refusé par James :

Les grands continuums du temps, de l'espace et du Soi enveloppent tout en leur sein, et coulent ensemble sans interférer. Les choses qu'ils enveloppent se présentent comme séparées à certains égards, et comme continues à certains autres. Certaines sensations fusionnent avec certaines idées, et d'autres leur sont réfractaires. Les qualités compénètrent un même espace ou s'en excluent réciproquement. Elles se raccrochent avec persistance les unes aux autres et forment des groupes qui se déplacent comme des unités, ou alors se séparent. Leurs changements sont brusques ou discontinus ; leurs genres se ressemblent ou diffèrent ; et, dans un cas comme dans l'autre, elles se répartissent en séries, régulières ou irrégulières.⁶

L'univers ainsi décrit mélange les genres. Il autorise toutes les compositions et décompositions, sans exclusive. Il n'est donc pas régi par des essences stables mais par des émergences suivies de disparitions, sans d'ailleurs qu'aucune règle ne vienne fixer un ordre nécessaire. L'inventaire suivant résume l'ordre d'apparition des phénomènes tels que James les décrit :

⁴ J.F Bordron, 2010 (1).

⁵ Opus cité p.90

⁶ Opus cité. p.91.

Flux => Inflexion => Parties saillantes => Identification et différenciation => Conjonction et disjonction => Composition et décomposition de parties => Emergence et disparition des genres => Formation et déformation de séries.

Ce parcours, que James associe d'une façon privilégiée aux opérations du langage, peut tout aussi bien, et même beaucoup plus facilement, être considéré comme exposant diverses étapes dans la formation d'images. Tout ce qui émerge du flux de l'expérience pure a incontestablement une fonction imageante.

Rapporté à l'expérience scientifique, ce même raisonnement nous conduit à voir dans celle-ci non pas un parcours fait d'expériences et de spéculations théoriques au milieu desquelles viendraient s'insérer, comme des moments particuliers, des productions d'images, mais comme étant de part en part production d'images. L'image scientifique ne serait plus à considérer comme l'adjuvant d'une pratique mais comme sa texture profonde. Nous allons continuer notre exploration sous le signe de cette hypothèse.

Remarquons d'abord que le flux de l'expérience pure est une idée qui peut trouver des exemples aussi bien dans l'univers matériel des sciences physiques que dans l'univers mental et intersubjectif des chercheurs. L'expérience est aussi bien un acte de pensée qu'un protocole expérimental. Les pratiques associées sont à la fois des positions et des résolutions de problèmes. Il n'est pas nécessaire à chaque fois de distinguer ce qui relève de données perceptibles directement, ou indirectement à l'aide d'appareillages, et de formes conceptuelles. On peut même admettre, si l'on adopte le point de vue du pragmatisme, que ces deux ordres ordinairement distingués fusionnent en réalité dans l'expérience. C'est ainsi que s'exprime John Dewey :

La formule kantienne selon laquelle, séparées, « les perceptions sont aveugles et les conceptions vides » dénote une intuition logique profonde. Cette intuition cependant fut radicalement déformée parce qu'on supposa que les contenus perceptuels et conceptuels provenaient de sources différentes et requéraient donc une troisième activité, celle de l'entendement synthétique, pour les réunir. Logiquement les matériaux perceptuels et conceptuels sont établis par corrélation fonctionnelle, de telle sorte que les premiers localisent et décrivent le problème, tandis que les derniers représentent une méthode possible de solution.⁷

Quelle que soit la perspective adoptée, celle de Kant ou celle de Dewey, il paraît légitime de considérer que la coopération de ces deux instances, celle de la perception (ou intuition) et de conceptualisation se coordonnent, d'une façon ou d'une autre, dans une stratégie de résolutions de problèmes. Dans notre perspective de recherche présente, nous sommes donc en quête de la façon dont, dans un flux, émergent des images-questions et des images-réponses, tout en sachant que cette distinction est relative au moment considéré et que la même image peut avoir les deux fonctions.

⁷ John Dewey, 1967, 2006, p. 176.

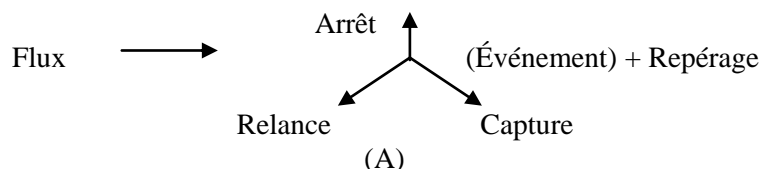
Dire que le flux est premier c'est affirmer la priorité du changement sur les états d'une certaine stabilité. Or, on considère l'image, du moins l'image fixe à laquelle nous pensons, comme étant un état, au moins provisoire, et non un changement. Dans ces conditions, produire une image revient à obtenir un *arrêt*. L'arrêt en ce sens est créateur et même, pourrait-on dire, est requis par toute forme de création. Telle est la fonction générale de toutes les formes d'écran, de support ou de matière qui réfléchissent la lumière, reçoivent une empreinte, épousent une forme.

La fonction d'arrêt est également cognitive. Le flux indéterminé des pensées, le « musement » de Peirce, peut être arrêté par un étonnement, une question, l'indice d'un problème ou d'une solution, une émotion. On pourrait penser que nous ne proposons qu'une analogie trompeuse entre des ordres trop différents pour être assimilables sous la même fonction. En réalité il ne s'agit pas d'assimiler des ordres différents mais de rechercher quelles sont les catégories qui peuvent régir une conception dont la notion primitive est celle de flux. Les catégories comme telles n'appartiennent à aucun ordre. Elles tracent ce qui est intelligible dans tous. Elles sont en ce sens constituantes. Une théorie de l'image telle que nous puissions comprendre ce qu'est une image dans un flux demande d'autres catégories que celles qui déterminent l'image comme un objet existant en tant que tel, qu'on lui attribue ou non une fonction sémiotique. La notion de flux virtualise toute existence d'objet. C'est pourquoi la catégorie première nécessaire à comprendre l'image sera celle d'arrêt.

A celle-ci s'oppose la catégorie de *relance* ou de diffraction. La relance crée une multiplicité nouvelle que l'on peut considérer à la fois comme divergente par rapport à l'arrêt et en même temps nécessairement complémentaire. Un arrêt dans un flux a comme complémentaire un effet de relance, sinon il ne s'agirait pas d'un flux. Vue sous cet angle, l'image est toujours *pour autre chose*, en particulier pour une autre image comme cela se voit à l'évidence dans la pratique médicale dans laquelle une image en appelle une autre, selon un autre point de vue, une autre technique. Ce n'est pas là un fait anodin mais bien la logique d'un usage pourvu qu'on le comprenne selon les catégories que nous mettons en place. La signification de l'image est alors immanente au jeu d'arrêt et de relance et non au seul arrêt. Il faut préciser que cette dualité arrêt / relance ne cherche pas à décrire l'image au sens cinématographique bien que cette dernière puisse, dans certaines conditions, être comprise selon les mêmes catégories.

La troisième catégorie est celle de *capture*. Par rapport à un flux, la notion de *tourbillon*, propre à l'ancienne physique, en est une bonne illustration. La capture est complémentaire de l'arrêt et de la relance dans le mesure où il est nécessaire que quelque chose du flux soit en quelque façon concentré, constitué en unité. Or le passage à l'unité est précisément le contraire du flux qui est multiplicité. Il faut donc une catégorie possédant cette fonction unificatrice.

Les trois catégories que nous venons de distinguer sont manifestement nécessaires pour définir ce que nous appelons *l'image-événement*. La notion d'événement est souvent prise pour un primitif qu'il s'agit de définir mais non d'examiner quant à sa composition interne. Il nous semble au contraire que l'événement est un complexe dont la structure interne demande à être précisée. L'événement s'oppose assez naturellement à *l'état de chose*, cette notion étant en général conçue comme exprimant une certaine stabilité liant un objet et une ou plusieurs propriétés. Dans l'événement, au contraire, il n'y a pas d'objet ni de stabilité mais une rupture avec un état antérieur, c'est-à-dire un arrêt et l'initialisation d'un état futur, c'est-à-dire un effet de relance. Le tout nécessite en outre une certaine unité car l'événement n'est pas un flux. C'est la fonction que nous avons attribuée à la catégorie de capture. Un événement sera donc défini par une structure composée d'un arrêt, d'une relance et d'une capture. Le schéma (A) suivant en dessine l'articulation :



Quant à l'image, considérée comme un événement, on voit qu'elle ne vaut d'abord que par le fait de sa manifestation et non par l'entité à laquelle elle peut éventuellement faire signe.⁸L'accent est alors mis sur le fait qu'il y a image et non sur son contenu ou, pour être plus précis, son existence est son contenu.

Si l'on considère que *l'image-événement* doit être située dans l'espace et dans le temps, nous devons ajouter aux trois fonctions précédentes celle de référentiel ou de *repérage*.

Nous dirons finalement que, sous l'hypothèse selon laquelle l'image scientifique doit être pensée comme un moment dans le flux de l'expérience, on peut la définir selon les quatre catégories que nous venons d'exposer. Il se peut qu'une image remplisse à elle seule ces quatre fonctions catégoriales mais il paraît utile de distinguer, à l'intérieur de la notion d'*image-événement* ce que l'on peut appeler des *images-arrêt*, des *images-relance*, des *images-capture* et des *images-repère*. Une *image-arrêt* est, par exemple, celle qui pose une question non pas parce qu'elle montre spécifiquement quelque entité, mais parce qu'elle établit une rupture avec une croyance ou une pratique antérieure sans que le sens en soit pour autant spécifié. Fondamentalement, et sous tous ses aspects, *l'image-événement* a comme fonction de manifester une exigence de changement dans le régime de croyance des auteurs de l'expérience.

⁸ Nous avons distingué les images selon trois grandes catégories : image horizon, image écriture, image événement. Nous renvoyons à J.F Bordron, 2009.

Il est utile de remarquer en outre qu'à partir de ces quatre catégories peuvent être déduites les opérations de *conjonction*, de *disjonction* et de *fusion* qui sont à la base de toute opération par analyse et synthèse. Mais pour qu'il y ait conjonction, disjonction ou fusion, il est nécessaire qu'existent déjà des objets ou des parties d'objet. Il est donc nécessaire que les événements apparaissant dans un flux, et qui sont maintenant nos primitifs, se stabilisent pour devenir des entités distinguables et non des points d'inflexion au sens donné par James dans la citation dont nous sommes partis. Nous n'aborderons pas ici la question de la formation de l'objet à partir de celle d'événement que nous avons envisagée dans un travail antérieur⁹. La base de cette genèse repose sur l'idée selon laquelle les événements sont des indices qui peuvent avoir comme destin de se transformer en icônes puis d'être identifiés par une fonction symbolique. Il est possible d'illustrer ce point simplement en imaginant le devenir d'une trace sur une image, trace qui constitue en soi un événement faisant question par sa seule existence. Cet événement est un indice appelant d'autres images, par exemple par agrandissement ou changement de technologie, ou encore par restructuration de l'image d'origine, jusqu'à ce que finalement se présente une image sur laquelle quelque chose serait identifiable. Il est utile de dire ici, car ce fait entraîne toujours une certaine confusion, que nous n'entendons pas par là que l'image représente quelque objet, au sens où l'idée lockienne est représentative, mais que se forme une icône, c'est-à-dire une stabilisation de forme au point de vue de la manifestation, au sens hjelmslevien de terme. Il faut comprendre que toute image est d'abord une image d'image. On pourrait ajouter qu'en un certain sens, l'idée d'objet n'est elle-même qu'une image stabilisant notre intuition commune du monde perçu. Par conséquent c'est bien le flux de l'expérience que nous choisissons ici comme plan d'immanence. Nous voulons plutôt insister sur l'importance du problème des catégories dans l'analyse de l'image et tout spécialement de l'image scientifique.

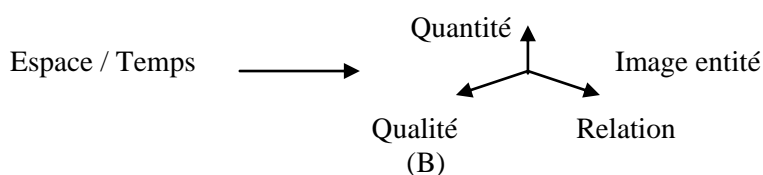
2- Catégories et présupposition

Nous sommes partis de l'idée selon laquelle l'image scientifique se constituait à partir de ce que W. James a appelé le « flux de l'expérience pure ». Cette dernière notion n'est évidemment pas empirique mais indique une condition de possibilité initiale, donc théorique, pour que l'image soit conçue d'une certaine façon dans le contexte qui nous intéresse ici. Elle indique en réalité une présupposition à partir de laquelle une théorie peut être construite. Le raisonnement est donc le suivant : si cette condition initiale est prise au sérieux, alors un certain type de catégorisation est nécessaire pour comprendre ce que veut dire « image ». C'est ce raisonnement qui nous a conduit à tenter de dégager les catégories constitutives de l'image événement. La dimension empirique du problème réside dans le fait de savoir si ce

⁹ J.F Bordron, 2010 (3).

point de départ est adapté à la question spécifique de l'image scientifique. Il nous a semblé qu'il en allait ainsi et qu'un certain accord entre divers chercheurs pouvait être trouvé sur ce point. Mais cela n'est évidemment pas une preuve. De plus, cette position théorique, précisément parce qu'elle repose sur une présupposition, doit pouvoir être interrogée. Nous devons donc rechercher, sinon la cohérence de cette présupposition, du moins sa pertinence dans notre contexte d'étude. Pour cela, il nous semble qu'une façon de procéder consiste à montrer qu'une présupposition contraire ou simplement autre, laisserait nécessairement dans l'ombre des phénomènes propres à certaines images scientifiques. Après avoir rappelé qu'une autre forme de catégorisation est possible, nous raisonnerons sur un exemple pour montrer que certains phénomènes requièrent, pour être compris dans leur spécificité, une catégorisation en termes d'événement.

L'alternative à l'*image-événement* peut être appelée l'*image-entité*. Si nous considérons une image sur le modèle d'une entité stable du monde, on peut considérer qu'il s'agit d'une certaine quantité d'espace possédant une limite, et comportant quelques qualités matérielles et formelles. De ce point de vue abstrait, c'est-à-dire compatible avec n'importe quelle image, les catégories nécessaires pour la description sont celles de *quantité*, de *qualité* et de *relation*. On peut, comme nous l'avons fait pour la notion d'événement, les représenter par le schéma suivant :



On reconnaît là le schème classique tel que Kant¹⁰ l'a conçu et que l'on peut définir comme le fait de donner à un concept, c'est-à-dire ici à une catégorie, une image. Le schème catégorise donc l'espace et le temps. Nous ne discuterons pas ici du choix de ces catégories, par ailleurs traditionnel¹¹. Nous voulons plutôt les inscrire dans la problématique sémiotique. On peut définir cette dernière comme la tentative de décrire et d'expliquer la production et la compréhension du sens. Pour cela, il faut nécessairement faire intervenir des hypothèses théoriques non seulement quant à ce qu'il y a à expliquer, mais surtout quant à ce qui sera considéré comme une explication. Une réponse possible à cette dernière question est celle proposée par AJ Greimas sous la forme du parcours génératif. Il nous faut revenir sur ce parcours car il concerne immédiatement notre question actuelle sur les catégories propres à entrer dans la définition d'une image.

¹⁰ E. Kant, 1967, p. 150.

¹¹ J.F Bordron, 2008.

Le parcours génératif dispose les composantes d'une théorie sémiotique dans un ordre qui va des éléments les plus abstraits vers ceux qui sont les plus concrets et par conséquent les plus complexes. Il s'agit donc d'un mouvement de genèse qui est à la fois un procès de concrétion et de complexification. Ce qui nous intéresse ici est le point de départ abstrait du parcours et son style théorique.

Le point de départ, dans sa composante sémantique, est donné par des catégories censées régir un domaine d'expérience (une culture, une œuvre, etc.). Il ne s'agit pas du même genre de catégories que celles que nous venons de mentionner car elles sont toujours de nature oppositive, conformément au postulat saussurien sur la nature du sens. Il reste qu'elles relèvent nécessairement de la catégorie de relation dont elles offrent des variations culturelles. Le fait de commencer par des catégories reste donc le point essentiel car, à partir des catégories, il est nécessaire d'introduire des procédures de schématisation, la grammaire narrative en étant l'exemple le mieux connu. On peut concevoir le parcours génératif, au moins en son point de départ sémio-narratif et quant à sa forme, comme un vaste schème, c'est-à-dire comme un diagramme au sens de Peirce.

La question la plus difficile demeure cependant de savoir pourquoi un tel dispositif théorique peut être dit « explicatif ». L'« explication de texte » se résume le plus souvent en une paraphrase qui consiste à mettre des mots sous des mots. C'est là une tâche qui a sa valeur propre et qui est productrice de sens. Mais elle ne correspond pas à ce que nous entendons par explication lorsque nous recherchons une intelligibilité nouvelle. Dans cette perspective, une explication nous semble procéder d'un double mouvement. Il y a d'une part le déploiement d'une donnée complexe en éléments plus simples. L'explication, conformément à l'étymologie, déplie. Il faut ensuite montrer que l'occurrence singulière est un cas particulier d'une règle, d'une loi ou d'une notion plus générale. S'il est possible d'assimiler le premier moment à une analyse, le second n'est pas une synthèse mais plutôt une *déduction*¹². Il faut pouvoir montrer qu'à partir des règles et notions générales, il est en effet possible de déduire la possibilité du cas singulier. Le chemin est alors celui qui va du simple au complexe. Le parcours génératif est en ce sens une déduction qui expose dans un certain ordre les éléments donnés par analyse de telle sorte que l'on puisse engendrer le fait singulier ou tout au moins son image (il s'agit d'un schème). L'ordre est évidemment essentiel et le choix du point de départ déterminant. Il faut comprendre que la genèse ainsi obtenue n'a rien à voir, malgré l'apparence, avec une genèse empirique mais répond plutôt à une exigence d'intelligibilité.

Notre question est maintenant celle-ci : quelle différence cela fait-il si nous commençons notre déduction par les catégories définissant *l'image-événement* ou par celles convenant à *l'image-entité* ? Le problème peut paraître futile dans la mesure où les trois catégories définissant l'image entité

¹² On sait que la déduction, au sens que Kant a donné à ce terme, répond à la question « *quid juris ?* ». Elle est la dérivation d'un cas particulier à partir d'un universel.

sont de toute façon applicables à n'importe quelle image. Cela est vrai, mais laisse de côté la question de l'ordre. Nous allons maintenant raisonner sur un exemple qui, nous l'espérons, rendra le problème aussi clair que possible.

3- Le problème de la mesure

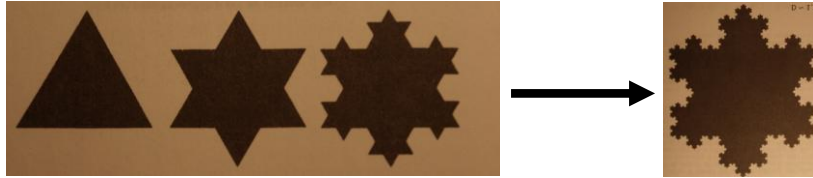
Une photographie aérienne, ou bien une carte, correspondent-elles à une *image-événement* ou à une *image-entité* ? Il existe, par construction, entre la photographie ou la carte et le paysage une relation d'homothétie telle qu'il est en principe possible, connaissant l'échelle des premières, de déduire la taille des éléments composant le second. C'est du moins ce que l'on peut penser si l'image est conçue comme une image-entité définie par les catégories de quantité, qualité et relation. Le mesure en effet se résume dans ce cas au rapport entre un *quantum* d'une certaine qualité (espace, température, etc.) et une unité choisie arbitrairement. Selon la même logique, on peut admettre que toute mesure possède un certain degré de précision. Si la précision augmente, on s'approche tendanciellement de la valeur absolue de l'objet mesuré. Ce raisonnement du sens commun possède cependant des présupposés que Benoît Mandelbrot a exposés dans son livre sur les objets fractals¹³.

Le titre du chapitre 2 demande : « Quelle est donc la longueur de la côte de Bretagne ? ». Une méthode pour mesurer cette côte est de prendre un compas d'ouverture x que l'on promène sur la côte, chaque pas commençant là où l'autre finit. La longueur de la partie mesurée est donc x multiplié par le nombre de pas effectués. On constate cependant que plus x est petit, plus la longueur de la côte augmente. En d'autres termes, plus la mesure est fine, plus la longueur augmente, de telle sorte que cette longueur, au lieu de tendre vers une valeur déterminée comme nous l'avons supposé, tend vers l'infini. La raison de ce paradoxe apparent réside dans la nature fractale de la côte. On peut la comprendre intuitivement en pensant à une photographie satellite montrant par exemple une baie. Sur une photographie aérienne, donc plus proche, cette baie est faite d'une multitude d'autres baies plus petites. On peut, en cherchant une image encore plus proche, décomposer les petites baies en d'autres encore plus petites. On perçoit aisément que ce processus continu, d'image en image, n'a pas de limite assignable, si ce n'est la taille des atomes dont est composé le granit breton. Mais cette limite elle-même est simplement de nature physique et non géométrique. De ce dernier point de vue, il n'y a pas de limite, de telle sorte que la longueur de la côte tend vers l'infini.

Le dessin suivant, d'après Mandelbrot, représente l'augmentation progressive du contour d'une île, dite Ile de Von Koch, si l'on augmente la précision de la mesure :

¹³ Benoît Mandelbrot, 1975, 1995.

Image, événement, présupposition



Ces exemples simples illustrent les faits suivants :

- La taille d'un objet n'est pas une valeur indépendante de la mesure et même n'a aucun sens en dehors d'elle. L'existence d'une taille réelle des objets, qui serait indépendante de la technique de mesure, est un présupposé de tout acte de mesure mais l'exemple des structures fractales montre qu'il n'en va pas toujours ainsi. Il s'agit simplement d'un présupposé qu'il peut être intéressant de modifier.

- L'image (carte, photographie) suppose, du point de vue de la mesure, la donnée d'une *échelle*. Mais, ceci étant admis, on ne peut pour autant en déduire une longueur absolue de ce qui est cartographié. Au contraire, la longueur, comme nous l'avons vu, dépendant de la finesse de la mesure, c'est la carte ou la photographie qui détermine la longueur de l'objet et non l'objet qui détermine la longueur de la carte à une échelle donnée. Comme le dit Mandelbrot, la longueur est toujours un fait anthropocentrique dans la mesure où la précision dépend fondamentalement d'un choix pratique :

La situation n'était pas très différente autrefois, puisque le meilleur x pour mesurer la côte n'était pas la taille de la souris ou de la mouche, mais celle d'un homme adulte. Donc, l'anthropocentrisme intervenait déjà, quoique de façon différente : d'une façon ou d'une autre, le concept, en apparence inoffensif, de longueur géographique n'est pas entièrement « objectif », et il ne l'a jamais été. Dans sa définition, l'observateur intervient de façon inévitable.¹⁴

4- Le statut de l'image dans un contexte scientifique

Si l'on admet le raisonnement qui précède, plusieurs conséquences nous semblent pouvoir en être tirées quant au statut de l'image dans un contexte scientifique.

La première conclusion serait que la catégorisation première devrait être celle de l'événement, tel que nous l'avons décrit plus haut, et non celle de l'entité. En ce sens, une image est d'abord une coupure dans un flux, un arrêt dont dépendent les relances ultérieures. Parmi les relances possibles, la mesure montre l'intérêt qu'il y a à suspendre les présupposés inclus dans l'idée d'image-entité. Redisons cependant qu'il s'agit de l'ordre dans lequel sont utilisées les catégories et non de la possibilité de les utiliser autrement, possibilité qui reste toujours ouverte.

¹⁴ Opus cité, p. 22. (x désigne le pas du compas dont nous avons parlé plus haut).

L'exemple que nous avons choisi était destiné à montrer qu'un acte scientifique, comme celui de mesure, peut enfermer un certain nombre de présupposés, en l'occurrence celui selon lequel il existe une mesure absolue d'un objet indépendamment d'un choix préalable quant à la précision recherchée. Il nous semble que le choix de la précision est au fond équivalent au choix d'un certain type d'image, de telle sorte qu'il ne serait pas absurde de dire que l'expérience scientifique se définit d'abord par un choix d'image. Essayons de justifier cette hypothèse.

Dans le cas des structures fractales, illustrées par la côte de Bretagne, le choix de la précision revient sans conteste à choisir une image préalable à toute mesure. Dire que nous voulons une précision au mètre près revient à prédire le type de carte qui en résultera. La réciproque est évidemment vraie, de telle sorte que l'on peut toujours commencer par le choix de l'image. Selon que l'on voyage en avion, en bateau, en voiture ou à pied, nous avons nécessairement une image préalable de la côte, image dont dépendra le besoin de précision dans la mesure. Les deux choses se confondent.

Peut-on généraliser cette conclusion à d'autres phénomènes ? Précisons tout d'abord que nous ne voulons en aucune façon dire que la mesure est un phénomène subjectif dépendant d'une image arbitraire. Nous voulons dire au contraire que l'image est constitutive de l'objectivité qui est celle de la mesure, sous réserve que l'on comprenne bien que cette objectivité est une construction, à laquelle préside l'image, et non un simple accord avec les faits. Les faits sont dépendants du choix de l'image tout en étant parfaitement objectifs.

Le cas de la mesure est particulièrement intéressant parce qu'il pose le problème, propre à la démarche scientifique, du statut des connaissances *a priori*, question qui ne se rencontre pas dans les mêmes termes dans l'expérience esthétique. En quel sens peut-on dire qu'il existe des images *a priori* ?

Remarquons tout d'abord que la forme et les qualités sensibles d'une image ne peuvent rien déterminer en dehors de l'image elle-même. Si nous augmentons la puissance d'un microscope, il se peut que l'image offerte change du tout au tout, de telle sorte que d'une image à l'autre, il ne s'agisse pas des mêmes entités. On passe, par exemple, de l'image d'une peau à celle d'une cellule, puis à celle d'une molécule, etc. Mais les entités changeantes sont découvertes et non pas déterminées *a priori* par la résolution de l'instrument. Dans ce cas, les seuls traits qui soient déterminés *a priori* résultent de la schématisation des catégories propres à l'image-entité. Bien sûr, ces images ne révèlent pas leurs objets sans qu'un travail considérable soit accompli sur l'image elle-même (un travail de sélection des éléments pertinents, par exemple). Mais ce travail reste, pour une part essentielle, *a posteriori*. La mesure au contraire repose sur une détermination *a priori* par l'image du registre dans lequel cette mesure se situera. Cette différence nous invite à rechercher ce qu'il y a de spécifiquement *a priori* dans l'image. Pour cela, il convient de revenir sur le rapport des images aux mathématiques. Peirce, bien qu'il ne s'exprime pas en termes d'*a priori* peut nous fournir un point de départ :

Image, événement, présupposition

Quelle est la source de la vérité mathématique ? (...) Mes conclusions s'accordent en substance avec celles de Lange, à savoir que la vérité mathématique est dérivée de l'observation des créations de notre propre imagination visuelle, que nous pouvons coucher sur le papier sous forme de diagrammes.¹⁵

Le lien entre les mathématiques et l'image est donc affirmé. De plus, la vérité mathématique est iconique au même sens que le sont les données de notre perception :

Cette contrainte irrésistible du jugement de perception est précisément ce qui constitue la force contraignante de la démonstration mathématique. On peut s'étonner que je range la démonstration mathématique parmi les choses qui relèvent d'une contrainte non rationnelle. Mais la vérité est que le nœud de toute preuve mathématique consiste précisément dans un jugement à tout égard semblable au jugement de perception, à ceci près qu'au lieu de se référer au percepté que nous impose la perception, il se réfère à une création de notre imagination.¹⁶

L'iconicité nous fournit en outre une certaine certitude logique :

Mais il y a une assurance que l'icône fournit au plus haut degré. A savoir que ce qui est déployé sous l'œil de l'esprit - la forme de l'icône, qui est aussi son objet - doit être logiquement possible.¹⁷

Ces quelques citations suffisent à suggérer que le lien entre l'iconicité et les mathématiques n'est pas seulement, pour Peirce, une question d'usage mais aussi une question de nature. Par là d'ailleurs, il rejoint la doctrine du schématisme kantien, ce que démontre Ch. Chauviré dans l'ouvrage dont nous venons d'extraire ces citations.

Que les mathématiques possèdent un lien essentiel avec l'image, même s'il s'agit d'images déployées « sous l'œil de l'esprit », est une raison qui nous paraît suffisante pour insister sur l'aspect *a priori* des images. Si l'icône, comme l'affirme Peirce, nous assure de la possibilité logique de sa forme, comment éviter de dire qu'il détermine *a priori* son objet ? On peut hésiter sur le terme d'*a priori* qui a, dans notre contexte, une résonance plus kantienne que peircienne. Mais l'important est de reconnaître que l'iconicité, c'est-à-dire l'image, prise dans un contexte scientifique, n'est pas d'abord, comme on le répète souvent, une sémiotique dont la portée se limite au monde sensible, mais bel et bien une condition de l'intelligibilité. Bien sûr, ceci n'est valide que si le contexte de connaissance, propre à la démarche scientifique, fixe l'économie de l'image. Nous ne pouvons développer ici cette notion d'économie¹⁸, mais l'on comprend aisément que l'image

¹⁵ *Collected Papers* 2.77, 1902. Cité in Christiane Chauviré, 2008, p. 183.

¹⁶ *C.P.* 7.659 et opus cité p. 184.

¹⁷ *C.P.* 4.532 et opus cité p. 186.

¹⁸ J.F Bordron , 2010 (3).

artistique ou l'image théologique ne peuvent avoir le même fonctionnement que l'image scientifique.

Nous avons donc admis que la catégorie d'événement, elle-même articulée selon les catégories d'*arrêt*, de *relance* et de *capture*, était nécessaire pour expliquer, et non seulement pour décrire, le statut de l'image dans un contexte scientifique. Cela nous a conduit, en passant par une réflexion sur la théorie de la mesure, à reconnaître à l'image un certain degré d'aprioricité. Il nous faut maintenant rechercher un autre domaine que celui de la mesure pour tester à nouveau cette hypothèse. Nous l'emprunterons à C. Van Fraassen, dans son ouvrage *Lois et symétrie*¹⁹.

Le problème qui intéresse Van Fraassen, dans le passage que nous allons citer, est illustré par les paradoxes de Bertrand, mathématicien de la fin du XIX^e siècle, auteur d'une somme impressionnante de paradoxes liés au calcul des probabilités²⁰. Il s'agit de montrer qu'une mesure de probabilité n'aboutit pas nécessairement à une valeur unique, qui serait la probabilité réelle, mais dépend essentiellement des présupposés qui président à l'acte de mesure²¹. Le problème, quant à sa forme générale, est donc assez semblable à celui de la mesure géographique.

Parmi les paradoxes de Bertrand, le plus simple à exposer est sans doute celui-ci :

Une fabrique d'instruments de précision produit des cubes de fer dont les côtés ont une longueur inférieure ou égale à 2 centimètres. Quelle est la probabilité pour qu'un cube ait des côtés inférieurs ou égaux à 1 centimètre, s'il est produit par cette fabrique ?²²

Le problème paraît simple. Si l'on fait l'hypothèse d'une distribution uniforme sur une longueur de 2 centimètres, la probabilité est égale à 1/2. Pourtant, le problème peut, tout en conservant sa structure logique, être formulé autrement. Il est en effet possible de définir le cube non par la longueur d'une arête mais par la surface d'une face. On demande alors quelle est la probabilité pour qu'un cube dont la face possède une surface égale ou inférieure à 4 cm² ait une aire inférieure ou égale à 1 cm². La probabilité est alors de 1/4.

Si nous posons maintenant comme point de départ le volume du cube, nous obtenons, toujours selon le même raisonnement, une probabilité de 1/8. On en conclura que le même problème, concernant des cubes identiques, obtient trois solutions différentes selon que l'on se donne comme point de départ trois images différentes du cube : un cube vu quant à la longueur de ses côtés, quant à la surface de ses faces et quant à son volume. Ainsi, quelle que soit la solution que l'on puisse éventuellement apporter à ce paradoxe, il

¹⁹ C. Van Fraassen, 1994.

²⁰ J. Bertrand, 1889, 1907.

²¹ A. Hatchuel, 2005.

²² *Op. cit.* p. 434.

n'en résulte pas moins que le présupposé préalable au calcul est strictement défini par le choix d'une image particulière du cube.

5- Conclusion

Nous ne chercherons pas à tirer des conclusions possédant une valeur absolue, précisément parce que les présupposés de l'expérience scientifique sont par nature révisables. On ne peut facilement accepter qu'ils conduisent à des paradoxes. Il nous semble cependant avoir montré que l'existence même de ces présupposés est rendue plus manifeste si on les rapporte à leur nature iconique. L'image n'est sans doute pas présente dans tous les moments de l'expérience scientifique. Mais il apparaît qu'elle se manifeste particulièrement dans le soubassement des croyances tacites qui guident le raisonnement comme l'action. Bergson disait, avec raison selon nous, que toute philosophie repose sur une image. Il nous a semblé qu'il en allait ainsi pour la connaissance scientifique, surtout lorsqu'il s'agit, comme pour la mesure de distance ou de probabilité, de domaines mathématisés. Cette réflexion milite pour que soit examiné plus profondément le statut *a priori* de certaines images.

Bibliographie

- J. Bertrand, *Calcul des probabilités*, Paris, Gauthier-Villars, 1889, 1907.
- J. F. Bordron, « Économie et dialectique. Quelques réflexions sur les catégories », In *Analytiques du sensible. Pour Claude Zilberberg*. Textes réunis et présentés par D. Ablali et S. Badir, Lambert Lucas, Limoges, 2008.
- J. F. Bordron, « Expérience d'objet, expérience d'image » in *Visible*, N°5, 2009, numéro dirigé par Maria Giulia Dondero et Valentina Miraglia.
- J. F. Bordron, « Le niveau sémiologique des images dans l'enquête scientifique » *Visible*, N°6, 2010 (1).
- J. F. Bordron, « Métamorphoses et identités » In *Le sens de la métamorphose* sous la direction de Marion Colas-Blaise et Anne Beyaert, PULIM 2010 (2).
- J. F. Bordron, « Rhétorique et économie des images » in « Hommage au groupe Mu » *Protée* 2010 (3).
- C. Chauviré, *L'œil mathématique, essai sur la philosophie mathématique de Peirce* Paris, Editions Kimé, 2008, p. 183.
- J. Dewey, *Logique, La théorie de l'enquête*, Trad. G. Deledalle, Paris, PUF, 1967, 2006, p. 176.
- M. Dondero, « Image scientifique et énonciation du temps », *Visible* N°5 2009.
- B. Van Fraassen, *Lois et symétrie*, Trad. Française de C. Chevalley, Paris, Vrin, 1994.
- A. Hatchuel, « Pour une épistémologie de l'action » in *Entre connaissance et organisation : l'activité collective*, P. Lorino, R. Teulier (eds) La Découverte. Paris 2005.
- W. James, « La chose et ses relations » *Essais d'empirisme radical*, Trad. G. Garreta et M. Girel. Paris, Flammarion « Champs », 1912, 2007.

Jean-François BORDRON

E. Kant, *Critique de la raison pure*, trad. Tremesaygues et Pacaud, Paris, PUF 1967, p. 150

B. Latour, « La sémiotique des textes scientifiques depuis le travail de Françoise Bastide » *Visible* N°5 2009.

B. Mandelbrot, *Les objets fractals*, Paris, Champs Flammarion, 1975, 1995.

C. S. Peirce, *Collected Papers*.

Biographie

J.F Bordron est professeur de sémiotique à l'université de Limoges. Il a publié *Descartes, Recherches sur les contraintes sémiotiques de la pensée discursive* et *L'iconicité et ses images, études sémiotiques* aux Presses Universitaires de France ainsi qu'un grand nombre de travaux relevant du domaine de la sémiotique (sémiotique de l'image, sémiotique des textes philosophiques, sémiotique de la perception, sémiotique de l'objet).

Les images de communication chez les scientifiques : la tâche et l'outil

Luc DESNOYERS

Université du Québec à Montréal

Résumé : L'activité de communication scientifique fait appel à des tâches de monstration (description, narration), de démonstration (corrélacion, comparaison) et de modélisation (morphologique, fonctionnelle et conceptuelle). À l'aide d'une taxonomie des images scientifiques, l'auteur montre que chacune de ces tâches fait appel de façon sélective à des catégories spécifiques d'images, dont les affordances sont ainsi mises à profit de façon efficace.

Abstract: Scientific communication is an activity requiring tasks such as display (description, narration), demonstration (correlation, comparison), and modelling (morphological, functional and conceptual). Using a taxonomy of scientific visuals, the author shows how each one of these tasks rests on the selective use of specific categories of visuals, taking advantage of their affordances in an efficient manner.

Les images de la communication scientifique

Les images dites scientifiques ont suscité et suscitent un intérêt soutenu dans des milieux aussi divers que la linguistique, la statistique, la sémiotique, le *design* graphique, la psychologie, l'histoire des sciences, les sciences de la communication, l'ergonomie, etc. Le corpus auquel on s'intéresse ainsi est d'une grande richesse, tant par son abondance que par sa diversité. Paradoxalement, l'intérêt pour la chose se manifeste sans toujours tenir compte de cette diversité, et peu d'efforts auront été faits pour mieux cerner l'objet d'étude, ou tout simplement pour avancer une définition de ce que sont spécifiquement les images scientifiques, pour préciser ce qui les distingue des autres familles d'images qu'on pratique par exemple dans les arts visuels, dans l'administration, dans les affaires.

Dans le cas des images scientifiques, il faut distinguer au premier chef les images produites par des graphistes dans le cadre d'activités de vulgarisation diverses de celles qui sont créées par les scientifiques pour leurs besoins propres. Les différences quant à la conception de ces images et à leur finalité sont très marquées et elles ont reçu l'attention de chercheurs comme Jacobi (1985) et Miller (1998). Mais c'est au seul cas des images des scientifiques eux-mêmes que nous nous adressons ici.

Les images des scientifiques sont au premier chef produites par les scientifiques dans le cadre de leurs activités. Ils en sont les concepteurs et se fondent alors sur un langage graphique qui leur est propre. Ils en sont aussi les réalisateurs, dans une activité qui peut souvent tenir plus de l'artisanat ou même du bricolage que de la production professionnelle. Sans doute ne les construisent-ils pas toujours seuls. Ils ont maintenant régulièrement recours à des logiciels spécialisés, des tableurs incluant des graphiciels, des logiciels de conception graphique ou de retouche photographique. Et ils en sont aussi les destinataires, puisque c'est aux autres membres de leur communauté qu'ils les destinent, en priorité sinon exclusivement. Les images des scientifiques sont le fait d'une activité interne à la science.

Pour les scientifiques, les images sont essentiellement des outils auxquels ils recourent à différentes étapes de leur activité. Il faut déjà pourtant distinguer deux cas d'espèce. D'une part, certaines images sont dites de *visualisation* (MacEachran, 2004) : elles sont vouées principalement à l'exploration, à l'analyse des données. Beaucoup de ces images seront caractérisées par leur statut provisoire et ne sortiront jamais du laboratoire où elles ont été créées. Certaines sont cependant des outils complexes d'exploration des données et en particulier des relations multidimensionnelles entre des paramètres caractérisant des populations; dynamiques, souvent interactives, elles peuvent être réalisées à des fins internes mais, de plus en plus, sont affichées en ligne et soumises à l'analyse par d'autres intéressés. Ces images reçoivent une attention croissante et nombre d'ouvrages sont consacrés aux principes de leur conception et de leur utilisation, par exemple le remarquable travail de Ware (2004). D'autres images, au contraire, plus achevées mais d'ordinaire statiques, sont nettement destinées à la présentation devant les pairs. Elles deviendront des images de *communication*, seront publiées dans un rapport ou un article de périodique, ou alors projetées lors d'une conférence. C'est ici essentiellement à ces images de communication que nous nous intéresserons.

Destinées à la transmission de l'information, les images de communication ont cette caractéristique qu'elles sont accompagnées d'un discours, oral ou imprimé, dont elles se démarquent toutefois de plusieurs façons. Elles occupent un espace particulier : soit elles occupent l'écran de projection, soit, dans l'imprimé, elles se limitent à une superficie donnée, physiquement séparées du texte par la mise en page, numérotées. Dans ce cas, même le texte qui les commente de façon plus immédiate, la légende, est porté hors-texte et marqué par une typographie caractéristique, souvent en plus petits caractères que le texte lui-même. Imprimé ou parlé, le texte est

linéaire, les images sont des entités spatiales, qui s'étalent nécessairement dans les deux dimensions du plan. Les images scientifiques sont des « topologisations » d'information (Lemke, 1998).

La diversité des images de communication scientifique tient en grande partie à celle de leur contenu, qu'il convient d'analyser. Pareille analyse de contenu vise l'identification de la nature aussi bien que de la forme du message véhiculé. On peut ainsi distinguer trois classes d'images (Desnoyers, 2005a, 2011a).

La première classe est langagière, elle se caractérise par sa proximité avec l'écrit, dont elle emprunte les symboles alphanumériques et la conception à la typographie. Ce sont les images que nous avons rassemblées sous le nom de *typogrammes*, à cause de cette parenté. Il peut s'agir, dans un premier ordre¹, celui des *scriptogrammes*, de simples messages textuels, qui d'ordinaire ne sont même pas des phrases mais plus souvent des énoncés ou des listes à puces dont la mise en page fait ressortir la structure du texte oral; ces images sont presque essentiellement utilisées en projection. Il peut aussi s'agir d'équations portées hors-texte dans un imprimé ou sur écran. La topologisation est encore plus nette dans deux autres ordres, dont la morphologie semble d'origine métaphorique. Le deuxième ordre est celui des *organigrammes*, qui mettent en boîtes des éléments nominaux d'ordinaire reliés ensemble par des traits; la métaphore originale est ici celle de l'arbre. Le troisième est celui des tableaux, qui séparent en colonnes et rangées dûment nommées des données nominales, quantitatives ou ordinales; la métaphore originale pourrait être celle du casier ou du pigeonnier, mais d'autres dispositions amènent à nommer globalement ces figures des *cellulogrammes*.

La deuxième classe découle la plupart du temps de l'exploitation des données, surtout quantitatives, qui auront d'abord été assemblées dans des matrices plus ou moins complexes. Mais on renonce ici à l'utilisation du code alphanumérique pour parvenir à une topologisation qui a d'ordinaire pour cadre, réel ou virtuel, le système d'axes cartésien, calibré. On utilise aux fins de cette topologisation une analogie qui permet de convertir une valeur numérique (résultant d'une mesure, d'un décompte ou d'un calcul) en une longueur, un angle, une position dans l'espace cartésien; c'est ce principe qui permet de conférer à cette classe d'images le nom d'*analogrammes*. Le code graphique (implicite) que l'on utilise repose sur le recours à quatre signes graphiques. Deux de ces signes sont utilisés dans un espace cartésien au sens strict, avec abscisse et ordonnée calibrées : le point qui signale chaque valeur unique d'un ensemble (*punctigramme*), le trait qui trace la relation entre deux variables (*curvigramme*). Dans un espace quasi-cartésien, la plage de longueur ou d'ouverture angulaire calibrée donne la mesure d'une même variable associée à des populations diverses (*histogramme*), ailleurs, ce sont diverses variantes d'une même figure géométrique (v.g. polygones, visages

¹ On suit ici l'usage courant en taxonomie qui voit les classes se subdiviser en ordres, puis en familles, en genres et en espèces.

de Chernoff) qui caractérisent différentes populations : chaque dimension de la figure étant porteuse d'une variable différente, chaque population se révèle sous une figure d'une morphologie caractéristique (*morphogrammes*).

La troisième classe (dite des *cosmogrammes*) est celle qui se rapproche les plus des représentations artistiques. Il s'agit ici de donner une image descriptive d'une entité matérielle, une figuration soit d'une entité singulière ou d'un type générique. Dans l'univers scientifique, cette image se distingue par le fait qu'elle est calibrée, une marque portée en légende donnant l'échelle de la représentation. Si elle est d'ordinaire porteuse de certaines des caractéristiques spatiales et optiques des entités figurées, elle peut aussi faire appel à des techniques de transduction pour présenter dans le spectre visible des caractéristiques issues des parties non visibles du spectre (ultraviolet, infrarouge, etc.), voire d'autres formes d'énergie (acoustique, gravitationnelle, etc.). Les cosmogrammes servent à représenter des objets isolés (*réigrammes*) dont on veut illustrer la morphologie ou l'anatomie; ils servent aussi à montrer des environnements complexes (*topogrammes*), par exemple en cartographie et en astronomie. Les deux types d'images ont appelé le développement de langages graphiques différents bien marqués, notamment en cartographie. Dans les deux cas, deux techniques sont utilisées : la photographie et la pictographie. Le choix de technique qui est fait par l'auteur a de telles répercussions qu'il est souvent pertinent de référer à la technique plutôt qu'au contenu pour analyser les cosmogrammes; c'est ce que nous ferons ici.

Cette diversité dans la nature et la forme des images n'est pas gratuite. Elle correspond à des usages divers de l'image, et une étude que nous avons effectuée en comparant les articles de quatre périodiques majeurs en ergonomie le démontre clairement (Desnoyers, 2009, 2011b). Ses résultats montrent combien, à chaque type d'article (article de revue, rapport d'enquête, présentation de résultats d'expériences, exposé méthodologique, modélisation) correspond l'usage prédominant d'un type d'image. Ainsi, les cosmogrammes photographiques sont-ils plus abondants dans les expérimentations, tandis que les pictographiques abondent dans les modélisations. Les curvigrammes et les punctigrammes caractérisent les modélisations, tandis que les histogrammes accompagnent surtout les expérimentations. Les cellulogrammes, enfin sont surtout le fait surtout des rapports d'enquête; les équations sont nombreuses dans les modélisations, les organigrammes dans les modélisations et dans les articles de revue.

Cette diversité permet de concevoir les différentes images comme autant d'outils différents et spécialisés, permettant chacun l'accomplissement d'une tâche donnée. C'est plus spécifiquement cette relation fonctionnelle que nous illustrerons dans le présent texte. L'approche que nous utilisons ici est donc fortement marquée par l'ergonomie, la tâche globale du scientifique se trouvant décomposée en plusieurs opérations et sous-opérations; pour chacune, nous tenterons d'identifier le ou les types d'image utilisés et les fondements de ces choix dans l'analyse des propriétés, des affordances de chacune, telles que nous les avons décrites ailleurs (Desnoyers 2009).

Tâches et opérations

On peut globalement décrire l'activité du scientifique sous trois composantes différentes. La première est constituée des activités de production du savoir, dans la diversité des contextes théoriques, méthodologiques et techniques que cela implique. La seconde est constituée des activités de communication, dans le recours à des média d'une diversité croissante. La troisième est de nature administrative et s'étend de la soumission de demandes de subvention à la gestion d'un laboratoire. C'est à la deuxième composante que nous nous adresserons ici.

Une activité de communication peut être décomposée de multiples façons : d'un point de vue fonctionnel, nous retiendrons trois opérations cruciales qui sont la monstration, la démonstration et la modélisation.

La monstration en images

La première phase de tout travail scientifique consiste, comme le dit Latour (1995), en une « mobilisation du monde », la sélection et l'appropriation d'un objet de recherche. Cette phase se traduit, en communication, par une monstration, une présentation de l'objet matériel ou conceptuel sur lequel porte l'activité. La monstration fait appel à des descriptions et à des narrations, lesquelles se traduiront par différents procédés de mise en image, par le recours à plusieurs catégories d'images.

Les descriptions les plus simples peuvent servir à présenter la morphologie externe d'une entité matérielle étudiée. Il s'agira ici d'une présentation des propriétés spatiales et optiques servant à les caractériser, à les mesurer, à les nommer, voire à les classer. La *description morphologique* d'une plante peut bien sûr se faire textuellement, et toutes les Flores du monde comportent de telles descriptions, énoncés des caractéristiques de toutes les parties de la chose. La description textuelle de la *Lysimachia thyrsoflora* L. (Marie-Victorin, 1964) ne permettra pas, peut-être même au botaniste le plus chevronné, de reconnaître un spécimen au premier coup d'œil. Pareille description verbale, pour précise qu'elle soit, est un geste qui résulte d'un processus de dissection fine et s'exprime dans un langage très spécialisé, ce qui permet difficilement de construire une représentation visuelle. C'est évidemment la raison pour laquelle une description morphologique fait presque nécessairement appel à un des types de cosmogramme : il est inconcevable, par exemple, de produire une flore sans images. Le cosmogramme transcrit spatialement et optiquement, sur un support visuel où se délimite un champ, les propriétés spatiales et optiques de l'objet d'étude. La proximité avec l'objet est porteuse d'une « ressemblance » nettement plus marquée que ce que peut faire le texte, et l'image s'avère un outil de description morphologique et de « re-connaissance » plus efficace que le texte. Ajoutons qu'en présentation orale, une description morphologique peut aussi s'accompagner d'un scriptogramme, par exemple une liste à puces.

Si le cosmogramme est en principe efficace, sa production et son utilisation se heurtent à bien des obstacles. Des contraintes telles que la distance observateur-observé, la taille de l'objet, sa visibilité pour l'œil humain imposent le recours à des artifices pour l'observation tout comme pour l'illustration, qui sont source d'une certaine dose d'indétermination. La distance impose le recours à des instruments optiques comme la lunette et le télescope, la taille trop fine impose le recours à la loupe et aux microscopes les plus divers. C'est la visibilité qui crée les obstacles les plus importants : la visualisation des propriétés électromagnétiques situées hors de notre très étroit spectre visible impose le recours à la transduction. On procède alors à une transformation analogique, calibrée, à un codage visuel d'une partie invisible du spectre émis ou réfléchi par la source (rayons X, ultraviolet, infrarouge, etc.) en lumière visible : on rend visuellement perceptible ce qui normalement échappe à l'œil. L'astronomie fournit de remarquables exemples de ce processus. Pareille transduction est bien un travestissement de la réalité, mais c'est encore la façon la plus performante que l'on ait de restituer la distribution spatiale des propriétés électromagnétiques de l'entité étudiée. La transduction peut s'attaquer à la représentation d'autres formes d'énergie non électromagnétiques, par exemple avec le sonar.

Historiquement, les cosmogrammes ont été d'abord produits à l'aide de différentes techniques pictographiques : le très large éventail des méthodes de dépôt de pigments sur une surface plane a maintenant cédé la place au dessin virtuel sur ordinateur à l'aide d'un stylet électronique. Un des avantages de ces méthodes est de permettre la représentation soit du spécimen unique, avec un « réalisme » variable, soit au contraire d'extraire le type dans une représentation plus abstraite. La photographie d'entités a permis de croire que l'on pouvait atteindre un degré de réalisme plus important, jusqu'à ce que l'on comprenne qu'elle ne présentait la « réalité » qu'à travers l'activité sélective d'un photographe et les caractéristiques techniques des appareils. C'est cependant la photographie qui a ouvert la voie à la monstration via la transduction; le passage à la photo numérique et la manipulation des fichiers numériques ainsi créés ont ouvert la voie à des modulations considérables des représentations, qui permettent maintenant l'accès à des schématisations que seul le dessin permettait autrefois de créer.

Les descriptions toutefois ne sont pas que morphologiques. Elles peuvent se faire *analytiques*, et de plusieurs façons. D'une part, l'analyse peut porter non plus sur la seule morphologie externe d'une entité mais bien sur sa composition interne. Il s'agit bien ici d'une dissection virtuelle du spécimen que l'on illustre grâce à des techniques comme l'écorché, la vue éclatée, la vue en transparence (en « rayons X »), en coupes et en coupes sériées.

Il existe enfin une troisième variante de la description qui porte non plus sur l'entité prise globalement, mais sur certaines de ses caractéristiques isolées. On peut alors parler de *description paramétrique* et il s'agira de présenter des quantifications décrivant cette entité ou une population. La description analytique d'entités matérielles peut se faire à partir de

cosmogrammes. Ainsi, en géographie comme dans d'autres disciplines, on utilisera fréquemment des topogrammes comme vecteurs d'information quantitative : un codage des zones par couleur permet de présenter des données nominales ou ordinales, l'ajout d'informations numériques ou de colonnes d'histogrammes permet de présenter des données quantitatives. Ailleurs, s'il importe de présenter des données quantitatives précises appartenant à des populations statistiques, on aura recours à des cellulogrammes, chaque case tabulaire portant une valeur chiffrée qui décrit un paramètre défini dans une colonne et une ligne. Si l'objectif du communicant est de faire voir une distribution d'ensemble, il optera pour certaines formes d'analogrammes, en particulier des histogrammes en bâtonnets pour des valeurs en chiffres absolus ou des histogrammes circulaires (« camemberts ») pour des données en valeurs relatives, en pourcentage.

Les monstractions, nous l'avons indiqué, peuvent se faire aussi au moyen de narrations. Celles-ci se distinguent des descriptions en particulier parce qu'on fait intervenir un nouveau facteur descriptif mais limitant : le temps. Les descriptions sont des instantanés, les narrations se portent sur l'évolution d'une entité ou d'un phénomène dans le temps.

Les narrations événementielles se prêtent peu à une mise en image dans le discours scientifique. Elles peuvent être « illustrées » par le recours à des instantanés situationnels ou à des mises en scène figuratives, voire par le portrait de participants. Ces « illustrations » peuvent rapprocher le récepteur du fait vécu sans nécessairement constituer un apport informationnel conséquent. Dans la narration orale, elles peuvent être complétées par de courts typogrammes, par exemple des listes à puces, que *PowerPoint* a rendus presque incontournables.

Mais la narration scientifique se porte aussi sur des transformations morphologiques, sur la monstration de cycles d'activité. Des montages fonctionnels de cosmogrammes permettent par exemple de décrire le cycle de vie d'un parasite ou l'évolution d'une galaxie. Ailleurs, le développement de « la méthode graphique », par exemple sous l'impulsion d'Étienne-Jules Marey (1878), a permis, grâce à la création d'une grande variété d'appareils enregistreurs, d'obtenir l'inscription de phénomènes des plus divers. Le kymographe de Ludwig et ses successeurs donnent par exemple l'inscription et la visualisation de phénomènes physiologiques comme l'activité musculaire, respiratoire ou cardiaque. Marey (1894), quant à lui, s'est attardé à inscrire le mouvement de végétaux, d'animaux les plus divers, d'abord avec des kymographes adaptés, et plus tard par la mise au point de ce qu'il appellera la chronophotographie. La technique de surimpression qu'il a développée est toujours utilisée et permet de faire l'économie de présentations cinématographiques; elle s'avère d'ailleurs plus efficace en ce qu'elle permet, en une seule image, de donner une représentation synthétique d'un déroulement temporel.

L'évolution remarquable des méthodes de monstration nous conduit peut-être, dans certains domaines, à ce que Elkins (2008) a appelé « *the end of representation* ». L'auteur montre par exemple comment les chambres à bulles, qui ont servi à suivre visuellement la trace de particules subatomiques, sont maintenant remplacées par des batteries de détecteurs qui construisent directement des fichiers numériques soumis à l'analyse mathématique. La « représentation » n'est plus nécessaire, elle est désuète voire impossible dans certains domaines, compte tenu de la complexité des objets d'étude. Mais on n'en est pas encore là dans nombre de domaines, et l'image est toujours nécessaire pour pousser plus loin le travail scientifique, dans la démonstration.

La démonstration en images

Au-delà de la simple monstration, la tâche du scientifique est plus analytique et s'attaque à la démonstration, c'est-à-dire à la recherche d'explications par la mise en rapport de données différentes, que ce soit dans une démarche hypothético-déductive ou inductive. On peut distinguer au moins deux opérations différentes dans le domaine, la corrélation et la comparaison.

On entend par *corrélation* la mise en rapport de deux (ou plusieurs) paramètres qui décrivent chacun un aspect de l'entité ou du phénomène sous étude. On recherche ici l'effet d'une variable dite indépendante sur une autre dite dépendante. Ces recherches peuvent se faire graphiquement ou à l'aide d'outils mathématiques générant une équation, que l'on s'empressera de traduire graphiquement dans un espace cartésien. Fondamentalement, deux types d'analogrammes sont alors utilisés. Le punctigramme marque les coordonnées de chaque paire de données dans l'espace graphique. Il permet la présentation de chaque paire individuellement, illustrant bien la variabilité des résultats. Le curvigramme montre la représentation de la relation de façon plus abstraite : c'est une courbe qui peut marquer par approximation la tendance de la relation, ou mieux, le tracé exact de l'équation qui décrit la relation. Habituellement planaires, ces analogrammes décrivent les relations entre deux variables, mais on peut ajouter une troisième variable dans des représentations en perspective, voire plusieurs autres par le codage des graphèmes –par exemple en faisant varier la forme, la taille, la couleur des points d'un punctigramme selon les paramètres de la valeur inscrite.

Les activités de *comparaison* recourent aussi à de nombreuses formes graphiques. Le choix est effectué en fonction de plusieurs facteurs, en ce qui touche le substrat de la comparaison (e.g. comparaisons de descriptions ou de corrélations) aussi bien que le procédé (e.g. juxtaposition, superposition d'images, différenciation de données). Nous ne nous attarderons ici que sur les comparaisons réalisées à l'aide d'analogrammes.

Les comparaisons par *juxtaposition* peuvent faire appel à la simple présentation d'un montage comportant plusieurs punctigrammes, histogrammes ou curvigrammes, chacun cadré dans son système d'axes. Ces montages

reçoivent le nom de « treillis » (Becker et al, 1996). Ils ont l'avantage de permettre la comparaison d'un nombre important d'analogrammes. Là où le nombre de populations à comparer est plus limité, on recourt à des assemblages plus simples : alignement de camemberts, assemblage vertical d'histogrammes en colonnes. Les morphogrammes constituent un cas à part : ils sont par définition des analogrammes de comparaison, et les différentes figures (polygones, visages de Chernoff) qui décrivent les paramètres de chaque population sont disposées dans un ordre choisi selon les besoins de la démonstration.

Les comparaisons par *superposition* se font en ramenant dans un seul cadre d'axes cartésiens deux ou plusieurs nuages de points ou courbes, identifiés par un codage couleur. On procède aussi au regroupement de deux ou trois populations de données dans un même histogramme, chaque population étant représentée par des bâtonnets d'une même couleur. Certains assemblages sont devenus des classiques, comme les pyramides des âges dans les études démographiques. La comparaison se fait ainsi dans une plus grande proximité graphique, ce qui assure une plus grande efficacité. Toutefois le nombre de populations qu'on peut ainsi comparer est limité, car il y a rapidement surcharge de l'espace graphique.

Une troisième méthode de comparaison fait appel à la *différenciation*. On choisit ici une population statistique de référence et, plutôt que de présenter chacune des autres populations, on évalue algébriquement les différences entre ces populations et la population de référence. L'image composée présentera la population de référence et, pour chacune des autres, les seules différences par rapport à cette référence. Ce type de présentation est d'utilisation efficace avec des histogrammes et des curvigrammes.

Mutatis mutandis, ces procédés s'appliquent aussi aux autres classes d'images. Les juxtapositions se pratiquent avec des typogrammes et des cosmogrammes, les superpositions sont possibles avec des cosmogrammes.

La modélisation en images

Les modélisations se font avec des images simples ou des montages théorisant des objets ou des systèmes conceptuels, morphologiques ou fonctionnels. On passe donc ici par essence à un certain niveau de généralisation ou d'abstraction.

La *modélisation conceptuelle* fait appel à l'ordre des organigrammes et sert par exemple à illustrer les relations entre des ensembles notionnels. On utilise ici en particulier des figures inspirées des « diagrammes » d'Euler où chaque entité est représentée par une figure, d'ordinaire circulaire, les recouvrements étant manifestés par le chevauchement des figures. Des organigrammes arborescents peuvent illustrer des relations temporelles, voire causales, les composantes étant alors représentées dans ce qu'on appelle en théorie des graphes des « nœuds », les relations par des traits ou des flèches qu'on peut coder par la taille, la texture ou la couleur.

La *modélisation morphologique* est une façon d'extraire et de présenter visuellement le type plutôt que le spécimen. Historiquement, comme nous l'avons mentionné, dans les sciences naturelles la schématisation a généralement précédé l'illustration du spécimen, faute peut-être de techniques de reproduction précise. Le développement de la photographie a révolutionné la représentation morphologique, mais en mettant l'emphase sur le spécimen individuel, pris hic et nunc. La schématisation qu'impose la modélisation se fait en abandonnant la reproduction photographique de l'individu et en la remplaçant par le dessin manuel, ou de plus en plus en conception assistée par ordinateur.

La *modélisation fonctionnelle* d'évolutions d'entités matérielles peut se faire à l'aide de montages de cosmogrammes. Déjà, Marey (1894) faisait succéder à ses superpositions chronophotographiques ce qu'il appelait des épures géométriques; il s'agissait alors de tracés faits sur des repères anatomiques marqués sur un spécimen en mouvement, qui produisaient une version filtrée des chronophotographies les réduisant aux traits essentiels. On a également recours à des montages de tracés pictographiques pour illustrer les phases d'un changement. La modélisation fonctionnelle de systèmes, quant à elle, est régulièrement illustrée par des organigrammes arborescents, et par exemple dans les « diagrammes de flux » décrivant des processus industriels. L'analyse d'un système organisationnel se traduit graphiquement, le plus souvent, sous forme d'organigrammes des plus divers, depuis les schématisations arborescentes en passant par toutes sortes de variantes inspirées par les « diagrammes » d'Euler.

En somme

Le tableau 1 de la page suivante présente un bilan succinct des attributions que nous avons faites des différents types d'images aux opérations que comporte l'activité scientifique de communication. Ce bilan ne peut prétendre à l'exhaustivité, tant les activités de recherche et leur traduction graphique sont diversifiées. Mais il permet de faire ressortir certaines spécificités des relations entre opérations et images. Il illustre combien les cosmogrammes servent à de nombreuses opérations différentes; cela est dû en bonne partie à leur remarquable diversité, que nous n'avons pas assez soulignée, et à la fréquence à laquelle, dans presque toutes les opérations (et dans tous les genres d'articles, voir Desnoyers 2009 et 2011b), on a besoin d'illustrer les entités matérielles que l'on a « mobilisées », pour reprendre l'expression de Latour (1995). Le tableau confirme aussi combien les analogrammes sont des images analytiques: à l'exception des histogrammes qui sont utilisés à des fins descriptives, ils servent essentiellement à des corrélations et des comparaisons. Les typogrammes montrent moins de spécificité. Si par exemple dans les présentations orales, les listes à puces peuvent servir à bien des fins, les cellulogrammes sont surtout le fait de descriptions, les équations de corrélation. Les organigrammes, quant à eux, sont surtout des instruments de modélisations

Les images de communication chez les scientifiques

de toutes sortes. La diversité des images scientifiques s'accompagne donc bien d'une spécificité dans l'emploi de chaque type.

Cosmogrammes Analogrammes Typogrammes

	Picto	Photo	Punct	Curvi	Histo	Morpho	Equat	Organi	Cellulo	Scripto
Monstration										
-Description morphologique	X	X								X
-Description analytique	X	X								
-Description paramétrique	X				X				X	
-Narration	X	X								
Démonstration										
-Corrélation			X	X			X			
-Comparaison	X	X	X	X	X	X				X
Modélisation										
-Conceptuelle								X		
-Morphologique	X							X		
-Fonctionnelle	X							X		

Tableau 1 : Résumé des principaux usages des images de communication scientifique en fonction des opérations

Des origines vers une normalisation?

Depuis les débuts de l'iconographie scientifique, avec entre autres les travaux de Playfair (Playfair, 1786) et de tout un ensemble d'auteurs (voir par exemple les revues historiques de Funkenhouser, 1937, Costigan-Eades, 1984, Friendly, 2006) nombre de scientifiques d'appartenance des plus diverses ont imaginé des outils graphiques destinés à la présentation de données. Chacun de ces outils a été conçu dans un contexte donné et son emploi, au cours des ans, en a empiriquement consacré des usages plus ou moins spécifiques, plus ou moins performants. Le nombre et la variété de ces formules graphiques sont considérables (voir par exemple le recensement présenté par Harris, 1999), les exigences scientifiques et graphiques de leur conception sont complexes. Il n'existe pas de synthèse de ces connaissances, l'étanchéité des disciplines concernées étant encore importante. Il n'est alors pas étonnant que les images utilisées par les scientifiques soient porteuses de tant d'erreurs. En 1984, Cleveland constatait que, dans la prestigieuse revue *Science*, 30% des illustrations comportaient au moins un vice de forme. Nombre d'auteurs sont arrivés à des conclusions semblables, parfois beaucoup plus alarmantes, dans différentes disciplines (voir par exemple Cooper, Schrieger et Close 2002, Hartley, 1991, Krebs *et al*, 2001).

Il existe certes un nombre considérable d'ouvrages traitant de la graphique en sciences, émanant souvent de spécialistes d'un des champs de connaissance ou de pratique concernés : par exemple depuis la cartographie avec Bertin (1967), la statistique avec Cleveland (1994), la psychologie de la perception avec Ware (2005, 2008), la conception graphique avec Tufte

(1983), les fondements de la communication (Desnoyers, 2005b, Doumont, 2009). Le travail que nous effectuons depuis quelques années s'inscrit dans une approche complémentaire, qui se base sur l'ergonomie. Il s'agit ici de se fonder sur une analyse de l'activité des scientifiques, et plus spécifiquement de leurs activités de communication, et de mettre en rapport outils et activités pour mieux faire ressortir la diversité des opérations tout comme celle des outils. La mise en rapport des outils avec les diverses opérations permet de mieux comprendre l'utilisation effective que font les scientifiques des images, l'intentionnalité de cet usage. On constate alors combien les diverses images-outils, à cause de leurs affordances, ont des spécificités qui mènent à des utilisations caractéristiques de certaines opérations constitutives de l'activité.

C'est sans doute la somme intégrée de ces différentes approches qui permettra d'élaborer un jour une véritable grammaire de l'imagerie scientifique qui, un peu comme celle de Kress et Van Leeuwen (2006), permettra d'en mieux comprendre la conception et de mieux préciser les règles d'un emploi plus pertinent et plus efficace. L'élaboration d'une pareille grammaire sera une tâche considérable puisqu'elle exigera l'intégration, la conciliation des acquis des connaissances sur l'image (sémiotique, psychologie de la perception et de la cognition, design graphique) et des exigences de l'activité scientifique, (méthodologie, en particulier statistique). Déjà, cependant, il nous semble important que des disciplines comme la sémiotique tiennent mieux compte de la spécificité fonctionnelle aussi bien que graphique des nombreuses variantes de l'image scientifique.

Définir l'image scientifique ?

Il n'est pas de grammaire possible pour les images scientifiques si on ne parvient pas à cerner leur identité et à définir ce qui les distingue des autres types d'images. L'approche analytique que nous avons ici adoptée permet une modeste contribution en soulignant certaines caractéristiques. Nous avons proposé ailleurs (Desnoyers, 2005a, 2011b) et utilisé ici une taxonomie des images de la communication scientifique. Il convient au premier chef de rappeler que les scientifiques utilisent des types d'images qui ne sont pas spécifiques à leur activité; cela est sans doute vrai en particulier dans les projections qui accompagnent les présentations orales et dans le recours aux scriptogrammes, aux listes à puces.

Les analogrammes et les cosmogrammes des scientifiques se caractérisent minimalement par trois traits. Ce sont d'abord des représentations d'un type particulier d'informations qui résultent d'une opération, d'une étape dans une activité de recherche scientifique, laquelle vise la caractérisation, la classification, le dénombrement, la mesure, l'analyse ou la modélisation d'une entité matérielle ou d'un processus. Ces représentations sont, comme le dit Lemke (1998), des topologisations, c'est-à-dire des traductions spatiales, sur un plan, d'entités, de processus ou de données qualitatives ou quantitatives qui en ont été extraites; elles font de ce

fait appel à un langage non verbal, fait de signes iconiques, de métaphores et de symboles assez strictement conventionnés. Enfin, dans la majorité des cas, ces images sont calibrées : les cosmogrammes comportent une indication de l'échelle de représentation, les analogrammes se construisent dans des axes gradués car, dès que la chose est possible, l'image scientifique traduit la volonté de quantification que sous-tend généralement l'activité scientifique.

L'image scientifique est un outil, elle est fonctionnelle, utilitaire. La très célèbre carte de Minard (1862) montrant l'évolution des effectifs de l'armée de Napoléon dans la campagne de Russie est considérée par Tufte (2010) comme « *probably the best statistical graph ever drawn* », non pas à cause de ses propriétés esthétiques, mais à cause de son efficacité communicationnelle et de la rigueur qu'elle montre dans la transcription des faits. Tufte (2006) commente longuement les principes fondamentaux qui doivent conduire à un *design* performant : ils tiennent à la rigueur, à l'exhaustivité, à la qualité explicative de l'information présentée, à l'emphase sur le contenu plus que sur la forme (« *Contents count most of all* »).

Mais au-delà de ces principes qui peuvent prétendre à une certaine universalité, il convient de ne pas perdre de vue que l'image scientifique se construit dans un milieu donné, marquée par des choix théoriques, méthodologiques, techniques aussi bien que culturels. Et comme elle n'exprime que les informations produites à une étape d'une activité de recherche, elle est aussi éphémère, son espérance de vie étant liée, dans l'univers scientifique, à la précarité du paradigme dans lequel elle s'inscrit, à l'éventuelle obsolescence des instruments et méthodes qui ont conduit aux informations présentées.

Bibliographie

- R. A. Becker, W.S. Cleveland & M.J. Shyu, « The Visual Design and Control of Trellis Display », *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5 (2), 1996, p. 123-155.
- J. Bertin, *Sémiologie Graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Paris, Gauthier-Villars, 1967, Éditions de l'ÉHESS, 2005.
- W. S. Cleveland, « Graphs in Scientific Publications », *The American Statistician* 38 (4), 1984, p. 261-269.
- W. S. Cleveland, *The Elements of Graphing Data*, Hobart Press, Summit, NJ, U.S.A., 1994.
- R. J. Cooper, D.L. Schrieger & R.J.H. Close, « Graphical Literacy: The Quality of Graphs in a Large-Circulation Journal », *Annals of Emergency Medicine* 40 (3), 2002, p. 317-322.
- P. Costigan-Eades, *Data Graphics in the 20th Century: a Comparative and Analytical Survey*. Thèse doctorale, Rutgers University, USA, 1984.
- L. Desnoyers, « Les Images de la communication scientifique », *Communication et langages* 146, 2005a, p. 93-113.
- L. Desnoyers, *La Communication scientifique. Perspectives ergonomiques*. Québec, Presses de l'Université du Québec, 2005b.

- L. Desnoyers, « L'Image comme outil de la communication scientifique : diversité et spécificités », *Protée* 37 (3), 2009, p. 81-92.
- L. Desnoyers, « Toward a taxonomy of visuals in science communication », *Technical communication* 58 (2), 2011a, p. 119-134.
- L. Desnoyers, « Visuals and text in scientific articles », *Information Design Journal* 19(2), 2011b, pp. 153-169..
- J. - L. Doumont, *Trees, Maps and Theorems. Effective Communication for Rational Minds*. Kraainem, Belgique, Principiae, 2009.
- J. Elkins, *Six Stories from the End of Representation. Images in Painting, Photography, Astronomy, Microscopy, Particle Physics, and Quantum Mechanics*, 1980-2000. Stanford, USA, Stanford University Press, 2008.
- M. Friendly, *A Brief History of Data Visualization*. In Chen, C. & al, *Handbook of Computational Statistics: Data Visualization*. Heidelberg, Springer Verlag, 2006.
- R. L. Harris, *Information Graphics. A Comprehensive Illustrated Reference*. New York, Oxford University Press, 1999.
- J. Hartley, « Tabling Information », *American Psychologist* 46, 1991, p. 655-656.
- D. Jacobi, « La Visualisation des concepts dans la vulgarisation scientifique », *Culture technique* 14, 1985, p. 153-163.
- Krebs, C.J. & al. « Graphical Presentation of Data in the Journal "Ecology" », *Bulletin of the Ecological Society of America* 82 (4), 2001, p. 247-248.
- G. Kress & T. van Leeuwen, *Reading Images. The Grammar of Visual Design*. London, Routledge, 2006.
- B. Latour, *Le Métier de chercheur. Regard d'un anthropologue*, Paris, INRA Éditions, 1995.
- J. Lemke, Multiplying Meaning. Visual and Verbal Semiotics in Scientific Text. pp 87-113 dans : J.R. Martin & R. Veel, *Reading Science. Critical and Functional Perspectives on Discourses of Science*, London, Routledge, 1998.
- A. M. MacEachren, *How Maps Work*, New York, The Guilford Press, 2004.
- F. Marie-Victorin, *Flore Laurentienne*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal, 1964.
- É. J. Marey, *La Méthode graphique dans les sciences expérimentales*, Paris, Masson, 1878.
- É. J. Marey, *Le Mouvement*, Paris, Masson, 1894.
- C. J. Minard, *Des Tableaux graphiques et des cartes figuratives*, Paris, Thunot, 1862.
- T. Miller, « Visual Persuasion : a Comparison of Visuals in Academic Texts and the Popular Press », *English for Specific Purposes* 17 (1), 1998, p. 29-46.
- W. Playfair, *Commercial and Political Atlas*, London, Corry, 1786.
- E. R. Tufte, *The Visual Display of Quantitative Information*, Cheshire, CO, USA, Graphics Press, 1983.
- E. R. Tufte, *Beautiful Evidence*. Cheshire, CO, USA, Graphics Press, 2006.
- E. R. Tufte, *Poster: Napoleon's March*. <http://www.edwardtufte.com/tufte/posters>. Consulté le 6 juillet 2010.

Les images de communication chez les scientifiques

C. Ware, *Information Visualization. Perception for Design*, 2^e édition, Burlington, MA, Morgan Kaufman / Elsevier 2004.

C. Ware, *Visual Thinking for Design*, Burlington, MA, USA, Morgan Kaufman / Elsevier 2008.

Biographie

Luc Desnoyers est professeur associé, à la retraite, à l'Université du Québec à Montréal. Il est ergonomiste, spécialisé dans la prise d'information visuelle et étudie de ce point de vue la communication pratiquée par les scientifiques. Il est toujours impliqué dans la formation des étudiants des cycles supérieurs en science à la communication scientifique. Il est membre honoraire de la Société d'Ergonomie de Langue Française et de l'Association Canadienne d'Ergonomie, qu'il a toutes deux présidées.

Le diagramme entre perception visuelle et mathématique

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

Résumé : Ce texte s'interroge sur la spécificité de l'image scientifique par rapport à d'autres outils de représentation et d'autres statuts de l'image – tel que le statut artistique. Il propose des éléments de réflexion à partir de trois questions principales : 1) est-ce qu'on peut élaborer une définition de l'image scientifique qui soit commune à toutes les disciplines scientifiques ? 2) Quels types de rapport s'établissent entre les images scientifiques et les images artistiques ? S'agit-il d'une différence ontologique ou bien pragmatique ? 3) Est-ce que le dispositif de l'image trouve son terme opposé dans le texte verbal, suivant l'ancienne distinction entre analogue et digital ? Est-ce que par contre l'image trouve son terme opposé dans le langage formel des mathématiques ?

Abstract: This paper aims to question the specificity of scientific image and its relations with other representation tools and other statutes of images – specially the artistic one. It deals with three main problems: 1. Is it possible to establish a definition of scientific image that every scientific discipline could share? 2. What kind of relations can be between scientific and artistic images? Is their difference ontological or owing to pragmatics? 3. Is it most heuristic to oppose image and verbal text or image and formal language of mathematics?

0. Introduction

La question de la définition de l'image scientifique par rapport à d'autres outils de représentation et d'expérimentation et d'autres statuts de l'image – tel que le statut artistique - est évidemment très délicate. On voudrait essayer de proposer quelques éléments de réflexion à partir de trois questions principales :

1) est-ce qu'on peut chercher à élaborer une définition de l'image scientifique qui soit commune à toutes les disciplines scientifiques ou, le cas

échéant, susceptible d'être partagée par les disciplines qui se donnent pour finalité d'étudier ce type de production (entre autres, épistémologie, philosophie des sciences, histoire des sciences, sémiotique) ?

2) Quels types de rapport s'établissent entre les images scientifiques et les images artistiques ? S'agit-il d'une différence ontologique ou bien pragmatique, voire dépendante des usages et des types d'implémentation publique ? On essaiera d'esquisser une réponse à travers certains exemples d'images artistiques insérés dans les ouvrages de vulgarisation scientifique. On essaiera aussi de distinguer les rôles des images artistiques des *vues d'artiste* qui peuplent la littérature scientifique, surtout en astrophysique.

3) Est-ce que le dispositif de l'image trouve son terme opposé dans le texte verbal, suivant l'ancienne distinction entre analogue et digital, entre *densité* figurative et écriture par éléments *arbitraires* et *disjoints* ? Est-ce que par contre l'image trouve son terme opposé dans le langage formel des mathématiques ?

1. Esquisses pour des définitions de l'image scientifique : à partir du diagramme

Il est évident que chaque discipline scientifique, et peut-être chaque équipe et chaque laboratoire, peut-être même chaque scientifique, peut ambitionner d'avoir sa propre définition d'image scientifique et d'y faire rentrer des schémas ou bien d'autres types de visualisations verbo-visuelles. Comment faire donc pour se rapprocher d'une définition partageable commune et qui puisse identifier non seulement ce qu'*est* une image, mais ce qui *vaut* comme une image, comme par exemple un tableau de chiffres qui donne tous les paramètres nécessaires pour composer une visualisation en astrophysique ? De quoi la distinguer ? Quelles manifestations langagières lui opposer ?

Le regard sémiotique pourrait à mon sens construire une stratification de sous-distinctions là où les diverses disciplines scientifiques impliquées dans la fabrication des dispositifs visuels ne pourraient peut-être pas s'accorder. La sémiotique devrait pouvoir le faire grâce à son regard traducteur – à travers sa vocation à trouver des interstices de commensurabilité entre un langage et l'autre, entre une substance de l'expression et l'autre -, et fédérateur - à travers sa capacité à trouver des regards transversaux pour traiter des problèmes, et des diagrammes *communs* pour offrir des solutions. Son aspiration la plus forte est de construire des commensurabilités à travers un *regard de deuxième ordre* qui ne se définit pas comme une théorie métasémiotique, mais comme un point de vue sur d'autres points de vue¹.

La sémiotique, et notamment celle de l'Ecole de Paris, interroge constamment les fondements théoriques de son appareil descriptif visant à faire *co-évoluer* la théorie avec la méthodologie descriptive. C'est la recherche d'un ajustement entre méthodologie descriptive, théorie et

¹ Voir à ce propos Basso Fossali (2009).

épistémologie qui fait de la sémiotique une discipline fortement réflexive. D'ailleurs, chaque nouveau type de sémiotique-objet est censé mettre en crise les procédures méthodologiques attestées et ensuite faire réfléchir sur l'accommodation/justification des (nouvelles) stratégies méthodologiques avec la théorie et l'épistémologie qui pourraient en être responsables. Par exemple, la sémiotique greimassienne qui valorise le paradigme de la textualité peut faire ressurgir une définition d'image scientifique différente de la sémiotique de Fontanille (2008) qui valorise le niveau de pertinence des pratiques comme pivot central de l'investigation sur les textualités d'une part et sur les cultures de l'autre. Je veux dire par là que la sémiotique des pratiques pourrait expliquer mieux que l'approche textualiste et immanentiste *le pourquoi* d'une image ou d'une série d'images et en comprendre ainsi l'opérativité à l'intérieur d'une recherche scientifique expérimentale. Le paradigme textualiste a d'ailleurs toujours privilégié l'image artistique comme objet d'analyse en rendant justement inutile l'interrogation sur *les raisons* d'une image² ainsi que l'interrogation sur son rôle d'intermédiaire entre l'expérimentation sur un support d'inscription (qu'elle soit artistique ou scientifique) et le parcours de la pensée (son *opérativité*). On entend par rôle d'intermédiaire le fait que l'image peut faire ressortir des nouvelles analogies entre phénomènes et par opérativité le fait qu'elle peut devenir elle-même un *terrain d'expérimentation*. En ce sens, il faudrait pouvoir expliquer sémiotiquement comment une image peut fonctionner comme un dispositif dont l'observation permet de découvrir des relations inattendues - à savoir d'autres caractéristiques que celles qui déterminent les paramètres de sa fabrication - et ensuite comment cette image peut être heuristiquement manipulable en vue de nouveaux questionnements.

Si trouver une définition de l'image scientifique commune à toutes les disciplines scientifiques plus ou moins dures est une ambition trop grande et peut-être trompeuse, il serait plus raisonnable à cette occasion d'enquêter sur les raisons des images et sur leur opérativité dans le cadre d'une discipline telle que l'astrophysique par exemple.

Si Allamel-Raffin, dans sa thèse de doctorat (2004), a approché cette problématique de manière systématique en partant d'une approche ethnographique (voir notamment § 3) qui lui a permis d'identifier des croisements de définitions et des bords plus ou moins perméables de ce champ sémantique, nous essayerons en revanche de partir de l'observation des fonctionnements d'images et d'autres dispositifs mixtes utilisés dans la littérature scientifique à l'occasion de recherches diverses - par exemple les

² En fait, c'est à travers l'étude des images publicitaires que les premiers pas ont été faits vers une sémiotique des pratiques (voir Floch 1990, 1995) qui puisse rendre compte de la manière dont l'image revêt un rôle stratégique à l'intérieur des activités commerciales et de la consommation. D'ailleurs, ce n'est peut-être pas un hasard si l'analyse qui illustre au mieux le fonctionnement de la hiérarchie des niveaux de pertinence dans Fontanille (2008) est justement une étude portant sur l'affiche et l'affichage d'images publicitaires. Un théoricien de l'art qui s'est posé la question des raisons des images artistiques est Baxandall (1991).

représentations de la topologie cosmologique ou les visualisations d'objets dont l'existence n'est que supposée, tels que les trous noirs. Nous ne nous appuyerons pas sur la méthode d'investigation des pratiques scientifiques en laboratoire, ni sur les interviews des scientifiques eux-mêmes. Nous essaierons de faire ressortir les significations des différents dispositifs représentatifs et d'expérimentation qui sont utilisés dans les étapes du travail de recherche et de stabilisation d'un objet scientifique. Nous partirons par conséquent non pas de l'analyse des images, mais de la prise en compte des objectifs d'une recherche scientifique³ qui utilise des images pour son déploiement. On ne constituera donc pas l'image en elle-même en tant que niveau global de l'analyse et ses traits figuratifs et plastiques en tant que niveau local (perspective textualiste immanentiste), mais on prendra en considération, comme niveau global de l'analyse, le déploiement d'un parcours qui vise à transformer un *objet de recherche* en *objet scientifique* et, comme niveau local de l'analyse, l'image et les enchaînements d'inscriptions qui l'englobent (perspective des pratiques).

Je précise déjà que nous établirons une distinction entre des dispositifs qui visent la stabilisation visuelle des résultats de recherche (outils de représentation) – qui intéressent surtout la vulgarisation scientifique et sur lesquels on reviendra à propos des relations entre art et vulgarisation – des dispositifs qui, en revanche, « aident » la réflexion et le travail en cours, voire qui les supportent et les construisent (outils d'expérimentation). On peut déjà affirmer que ces deux types de dispositifs ne se distinguent pas ontologiquement mais de manière pragmatique, à savoir qu'une image ou un graphique ou un schéma peuvent facilement être utilisés à la fois comme des outils de représentation et comme des outils d'expérimentation. D'ailleurs, certaines images considérées comme des représentations utiles pour la vulgarisation des savoirs – à savoir des images stabilisant l'iconographie d'un objet accepté sans controverses – peuvent ensuite redevenir opératives, à savoir être remises en jeu comme des images qui donnent des indications sur leurs paramètres de fabrication, sur les paramètres pertinents pour une recherche ultérieure et être ainsi utilisées comme un nouveau point de départ de l'expérimentation. Non seulement nous ne pourrions pas hypostasier chaque type de forme visuelle en un seul et unique fonctionnement, mais souvent ce seront des images en série ou des chaînes de dispositifs qui nous permettront d'identifier *un* fonctionnement. Dans ces séries et enchaînements, les mêmes dispositifs visuels peuvent assumer d'une fois à l'autre des rôles différents : comme on l'a déjà dit, ils peuvent stabiliser une iconographie ou bien redevenir opératifs et manipulables en vue de nouvelles recherches.

Il faut aussi préciser que cette approche qui ne veut pas hypostasier un type de fonctionnement avec une forme visuelle spécifique partage les prises

³ Sur le processus de transformation qui amène d'un « objet de recherche » à un « objet scientifique », voir Basso Fossali & Dondero (2011) et en particulier « La photographie scientifique entre trace et mathématisation ».

de positions de la théorie sémiotique de Ch. S. Peirce qui identifie des fonctionnements semblables entre des objets visuellement très différents comme une formule algébrique et une photographie (ou plus précisément, deux photographies). On sait que Peirce englobait dans la même catégorie d'icône - et, plus précisément, des icônes les plus abstraites, appelées diagrammatiques -, aussi bien les formules algébriques que les photographies. Nous disons bien photographies au pluriel et non pas photographie au singulier, cette dernière n'ayant pas beaucoup d'intérêt pour Peirce ni d'un point de vue scientifique, ni du point de vue de l'exemplification de la catégorie de l'icône. C'est en fait *au moins deux photographies* qui « servent à tracer une carte », ou bien une image moyenne (*composite photograph*), produite par une composition méthodiquement organisée de plusieurs images, qui peuvent être entendues selon la conception peircienne des icônes les plus abstraites, les diagrammes, à savoir des représentations qui mettent en scène l'*organisation parmi les parties de leur objet*⁴ : « Beaucoup de diagrammes ne ressemblent pas du tout à leurs objets, à s'en tenir aux apparences : leur ressemblance consiste seulement dans les relations de leurs parties » (Chauviré, 2008, p. 44). Ce qui lie intimement les formules algébriques et la composition de plusieurs photographies (les deux photos qui « permettent de tracer une carte » et la photographie composite) est que l'absence de « ressemblance sensible », externe, n'empêche pas d'exhiber des analogies entre la méréologie des objets d'un côté et les formules algébriques et les compositions photographiques elles-mêmes de l'autre. Plus précisément encore, les formules algébriques et les compositions de photos peuvent incarner les relations entre les parties dont sont construits les objets sans que la ressemblance de leurs apparences sensibles intervienne. De plus, et c'est la question capitale sur laquelle on reviendra, autant dans les cas de l'observation des compositions photographiques que des formules algébriques⁵, « peuvent être découvertes concernant [leur] objet d'autres

⁴ On rappelle que la catégorie des hypoicônes comprend les images, les diagrammes (dont il sera question dans cette étude) et la métaphore : « On peut en gros diviser les hypoicônes suivant le mode de la priméité à laquelle elle participent. Celles qui font partie des simples qualités ou premières priméités sont des *images* ; celles qui représentent les relations, principalement dyadiques ou considérées comme telles, des parties d'une chose par des relations analogues dans leurs propres parties, sont des *diagrammes* ; celles qui représentent le caractère représentatif d'un *representamen* en représentant un parallélisme dans quelque chose d'autre sont des métaphores » (Peirce, 1931-35, 2.276-7).

⁵ Il ne faut pas se laisser surprendre par le fait que la formule algébrique est considérée comme une icône : il est vrai que les formules sont constituées de symboles, c'est-à-dire de signes généraux qui ne se rapportent à leur objet qu'en vertu de conventions arbitraires, mais c'est l'iconicité que prédomine chez elles, voire la constitution de *formes*, à savoir une structure qui rend manifeste et saisissable perceptivement la totalité des relations entre ces signes généraux eux-mêmes et permet ainsi la découverte de conclusions imprévues et informatives. « Quant à l'algèbre, l'idée même de cet art est qu'elle présente des formules que l'on peut manipuler et que par observation des effets de cette manipulation on découvre des

vérités que celles qui suffisent à déterminer [leur] construction » (Peirce cité dans Brunet 2000, p. 314). On veut dire par là que la photographie composite n'est pas prise en compte comme représentant un objet, mais comme intermédiaire entre deux ou plusieurs phénomènes visant en faire ressortir des analogies ou des caractères commensurables qui ne seraient pas prévisibles avant le montage photographique. On parle en fait dans ce cas non seulement de deux photographies mais « de deux photographies qui servent à tracer une carte ». Cela revient à dire que les relations entre ces deux photographies - par projection, translation, miroitement etc. -, non seulement permettent de tracer des relations entre parties du territoire à l'intérieur de la carte en question, mais d'en révéler d'imprévues. Dans ce sens, elles peuvent être comprises comme des intermédiaires entre le territoire et la carte à tracer ainsi que comme des outils pour révéler des relations entre parties du territoire à investiguer. Comme l'affirme Brunet (2000) :

Peirce rejette du même mouvement le critère de la « ressemblance sensible » et celui du degré de conventionalité pour définir l'icône ; celle-ci est plutôt caractérisée en termes logiques, par sa « capacité à révéler une vérité inattendue » concernant son objet. L'exemple des deux photographies servant à tracer une carte renvoie à la méthode photogramétrique certainement familière à Peirce par le biais de la géodésie. Dans cette méthode, on peut construire une carte, sous certaines conditions techniques, à partir de deux ou plusieurs photographies d'un site donné prises de points de vue opposés, moyennant des opérations de réduction analogue à celles du levé direct. La photographie couplée a reçu beaucoup d'autres usages, notamment dans divers types d'analyse du changement. Comme dans le cas de l'enregistrement photographique des éclipses, *ce qu'exploite la méthode n'est pas la ressemblance de chaque photographie à des objets particuliers, mais l'analogie idéal de la topographie que constitue la collation géométriquement déterminée des deux photographies* (pp. 314-315).

Ce n'est donc pas une ressemblance sensible (*sensous resemblance*) mais bien une similitude idéale (*likeness*) qui est manifesté par le dispositif du diagramme qui doit nous guider dans notre enquête sur l'image scientifique et ses rapports avec d'autres outils de représentation et d'expérimentation. Pour pouvoir étudier les fonctionnements qui sont transversaux (la similitude idéale) par rapport aux apparences visuelles (ressemblance sensible), il faut partir non pas de l'analyse des instruments imageants eux-mêmes mais bien des problèmes d'une fois à l'autre différents à l'intérieur d'une recherche scientifique qui engage des images et des dispositifs verbo-visuels. Comme on l'a dit auparavant, il faut partir des raisons de la fabrication d'images (leur pourquoi) et non pas des images elles-mêmes. D'ailleurs le « pourquoi » des images engendre une réflexion sur les pratiques scientifiques et non seulement sur les textualités scientifiques – c'est pour cette raison qu'il est nécessaire d'aborder la

propriétés qu'on n'aurait pas discerné autrement » (Peirce, 1931-35, 3.363). Voir sur cette question Chauviré (2008).

définition d'image scientifique en la mettant en relation avec les pratiques artistiques, et plus précisément en étudiant comment les images provenant du domaine artistique peuvent fonctionner dans le domaine de la littérature scientifique. On verra tout cela de plus près dans le § 2.

1.1. L'exemple du diagramme et son opérativité

L'exemple du diagramme et de sa définition est très éloquent par rapport à notre problématique définitoire, le diagramme étant entendu souvent comme une visualisation schématique dans laquelle est inscrit un court texte verbal ou bien des symboles. Parcourir brièvement les définitions de diagramme pourrait nous aider à comprendre comment Peirce a pu généraliser le fonctionnement du diagramme mathématique en un dispositif nécessaire pour comprendre le déploiement de la pensée déductive, à savoir en un dispositif qui garde les traces de son fonctionnement en mathématique mais vaut pour décrire la conduite de tout raisonnement nécessaire. À travers cet exemple, on pourra se rapprocher de notre idée de départ : comprendre et expliquer les objectifs et les fonctionnements des images – qui peuvent éventuellement être partagés par d'autres formes visuelles normalement appelées schémas ou graphiques – sans partir forcément d'une identification et d'une classification *a priori* des formes visuelles elles-mêmes.

Dans le cadre d'une recherche sur le diagramme, il faut également distinguer une définition triviale fondée sur les apparences visuelles d'une définition visant à identifier un outil constitutif de la pensée.

Une définition triviale est la suivante, publiée sur Wikipedia :

Un diagramme est une représentation visuelle simplifiée et structurée des concepts, des idées, des constructions, des relations, des données statistiques, de l'anatomie etc. employé dans tous les aspects des activités humaines *pour visualiser et clarifier la matière*⁶.

Cette définition concerne une représentation visuelle qui permet de structurer des concepts en les hiérarchisant spatialement - par des flèches, des symboles, des chiffres, des axes cartésiens, etc. Cette définition minimale est large – dans les faits, inutile et trompeuse –, car elle englobe toutes les visualisations caractérisées par une certaine organisation topologique, en excluant les images par exemple, et en tout cas en décrivant les dispositifs qui en font partie comme des visualisations *passives* de données. Cette définition ne prend surtout pas en compte le fait que par exemple des photographies peuvent, dans certains cas, fonctionner diagrammatiquement⁷.

Plutôt qu'identifier le diagramme avec une certaine forme visuelle, il faut revenir à la tradition de la pensée sémiotique peircienne sur la notion de

⁶ On peut remarquer avant tout que cette définition ne tient pas compte du fait que les relations sont par définition appartenant à un *ordre abstrait* par rapport aux membres de la relation elle-même et qu'il est donc faux de les mettre sur le même plan.

⁷ On a déjà abordé la question de la photographie diagrammatique lors de nos analyses sur la chronophotographie de Marey (voir Dondero 2009a, 2010a).

diagramme qui recouvre des phénomènes apparemment très divers mais liés, comme on l'a dit toute à l'heure, par des fonctionnements apparentés. Pour ce faire il nous semble utile de revoir comment la notion de diagramme s'est constituée en retournant à ses sources.

La pensée diagrammatique vise d'une certaine manière à poursuivre la question posée par le schématisme et le synthétique *a priori* kantien. Si, chez Kant⁸, le schématisme visait à résoudre la dualité entre *intuition* (représentations singulières) et *concept* (représentations générales), chez Peirce l'utilisation du diagramme, à partir donc d'un point de vue sémiotique (au sens où l'on pense par des signes concrets) et pragmatiste, vise à résoudre la *dualité singularité-généralité* et celle entre *observabilité et imagination* en les repensant non pas comme opposées, mais comme une bipolarité qui constitue la caractéristique principale du diagramme.

En ce qui concerne la première polarité, Peirce affirme :

Un diagramme, en mon sens, est en premier lieu un *Token* ou un objet singulier utilisé comme signe ; car il est essentiel qu'il puisse être perçu et observé. Il est néanmoins ce qu'on appelle un signe général, c'est-à-dire qu'il dénote un Objet général. Il est en fait construit dans cette intention⁹ et il représente ainsi un Objet dans cette intention. Or l'Objet d'une intention, d'un but, d'un désir, est toujours général (Peirce, cité dans Chauviré 2008, p. 51).

D'une certaine manière, le diagramme serait donc scindé en deux : un diagramme en tant que *Token* singulier, et un diagramme qui donne les règles de lecture pour comprendre ce *Token* comme un *Type*.

En ce qui concerne la deuxième polarité, comme l'affirme Chauviré, pour Peirce :

[T]oute déduction procède par construction de diagrammes, c'est-à-dire de signes appartenant à la classe des icônes, qui exhibent des relations existant entre les parties d'un état de chose (*state of thing*) idéal et *hypothétique, imaginé* par le mathématicien et susceptible d'être *observé* (Chauviré 2008, p. 36, nous soulignons)¹⁰.

⁸ Pour une discussion approfondie sur la relation de Peirce au schématisme kantien, voir l'important ouvrage de Chauviré (2008).

⁹ Stjernfelt nous rappelle, dans son ouvrage sur le diagramme (2007), qu'il faut garder la distinction entre les diagrammes proprement dit, à savoir les diagrammes construits avec l'intention explicite de l'expérimentation et programmés pour des transformations suivant une précise syntaxe de transformation d'une part, et la classe des diagrammes généralement informatifs de l'autre. Le fonctionnement principal du diagramme, qui le rend susceptible de transformations réglées afin de révéler des nouvelles informations, est ce qui le positionne à la base du *Gedankenexperimente* et qui lui donne une extension heuristique qui s'étend de la vie quotidienne à l'invention scientifique.

¹⁰ Comme l'affirme encore Stjernfelt (2007), en suivant le Peirce de « Prolegomena to an Apology for Pragmatism » de 1906 : « Les relations qui constituent le diagramme sont à la fois observationnelles et universelles et produisent la condition de possibilité

Le diagramme entre perception visuelle et mathématique

Le diagramme aurait justement une double détermination : il serait enraciné dans l'évidence perceptive et en même temps, il serait généralisable. Mais ce qu'il est important de remarquer est qu'à partir de Peirce, on développe l'idée que le diagramme ne concerne pas seulement une représentation visuelle en soi, à savoir quelque chose d'isolable et d'objectif, mais plutôt un type de *procédure de raisonnement*, et donc une manière spécifique de schématiser visuellement la perception et l'expérience pour les rendre *transposables* - et par conséquent ré-employables à d'autres fins utiles. Ce processus diagrammatique permettrait de reconnaître, dans un phénomène donné, des relations entre ses parties, qui peuvent être observées et manipulées pour comprendre d'autres phénomènes. Le diagramme est un monde clos, mais permettant l'extensibilité de la preuve¹¹.

Je ne pourrai pas parcourir dans son entier ce processus qui porte de la notion de diagramme entendu comme représentation visuelle objectivée et isolable jusqu'à la notion portant sur une conduite de la pensée qui exploite le côté *opérationnel* de l'iconicité. Ce que je voudrais retenir est que la notion de diagrammaticité rend précisément compte de l'articulation entre *la visualisation et la transformation des relations entre les parties qui composent un objet d'une part et les étapes d'un processus de la pensée visant à connaître mieux l'objet visé - grâce à cette visualisation manipulable justement - de l'autre*.

Pour être encore plus précis, on pourrait dire que la notion de diagramme permettrait de rendre compte du *processus exploratoire de la pensée* sur un objet qui est rendu possible à travers la *construction*,

du diagramme d'exister en tant qu'icône (observabilité) par rapport à ce qui est possible de considérer comme des expériences généralement valides (universalité) ».

¹¹ Il a été remarqué, en ce qui concerne la géométrie fondamentale, que le diagramme fonctionne de manière très différente du plan urbain par exemple ; comme lui, il indexe quelque chose : là, il y a une bibliothèque, là, il y a un angle obtus. Mais le plan n'ambitionne pas de promouvoir des inférences spatiales sur d'autres villes dont il n'est pas la carte. Par contre, un diagramme qui représente un triangle rectangle dans une démonstration du théorème de Pythagore ambitionne de concerner tous les autres rectangles parce qu'il représente un triangle « générique », c'est-à-dire une règle de construction (voir Giardino & Piazza 2008). Il a été observé que la somme des angles internes d'un rectangle est de 180°, où « l'article indéterminatif ne concerne pas une lecture *de re* (triangle spécifique), mais il reçoit automatiquement une lecture *de dicto* (triangle générique), lecture fondée formellement par un quantificateur universel » (ivi, p. 92). Il s'agit du résultat de la rencontre entre « les propriétés nécessairement particulières d'un diagramme et la validité générale du théorème qui résulte de la démonstration qui utilise ce diagramme » (ivi, p. 90). Giardino et Piazza expliquent ce caractère général du théorème par une « invariance pratique » et par une répétition que le diagramme permet d'effectuer : « La démonstration concerne en fait une classe générale d'objets, dans la mesure où elle peut être facilement répétée pour des objets géométriques qui en satisfont les mêmes conditions. Bref, la généralité géométrique consiste en la certitude que des constructions particulières peuvent être répétées : la généralité consiste en une invariance *pratique* » (ib. p. 93, nous traduisons).

*l'observation et la manipulation eidétique d'une visualisation*¹². Le raisonnement diagrammatique pourrait se comprendre en somme comme l'observation et la transformation des relations qui composent les parties d'un objet d'investigation, la manipulation du visible permettant ainsi un certain élargissement du concevable¹³.

La diagrammaticité est définissable enfin comme une manière de bénéficier des *ressources cognitives de la plasticité spatiale, voire de la manipulabilité et de la déformabilité rationnelle des visualisations*. Elle opère comme un « *flat laboratory* », comme le dirait Latour (2008), où la réalité, et la réalité mathématique notamment, peut être comprise et transformée.

1.2. Le diagramme et les formes iconiques

Comme on l'a déjà esquissé, le fonctionnement diagrammatique peut concerner des photographies, des formules algébriques, des diagrammes proprement géométriques.

En revenant à présent à l'origine mathématique du diagramme, l'expérimentation offerte par le diagramme est, selon Peirce, ce qui distingue la procédure déductive théorématique du raisonnement corollaire, ce dernier ne concernant que des inférences purement analytiques, donc appartenant à la logique et non pas à l'épistémique. Comme l'affirme Chauviré (2008) en délinant la différence entre théorématique et corollaire :

[D]eux cas peuvent se présenter : soit la conclusion est directement lue dans le diagramme initial par simple inspection, c'est-à-dire que les relations qui rendent possibles la conclusion sont immédiatement perçues sans qu'on doive retoucher le diagramme [corollaire] ; soit il est nécessaire de le modifier par des constructions supplémentaires [théorématique] [...]. L'adjonction de telles constructions est dépeinte comme une expérimentation effectuée sur le diagramme, *analogue à celle pratiquée en physique et en chimie sur un échantillon* (p. 36, nous soulignons).

L'expérimentation en mathématique passe par la spatialisation des grandeurs spatiales et non spatiales (relations logiques, etc.) et par l'introduction de « lignes subsidiaires » aux lignes du dessin qui suivent

¹² Dans l'interprétation de Stjernfelt, l'icône chez Peirce a une définition opérationnelle : l'icône est un signe qui peut être manipulé afin d'apprendre davantage sur son objet, qui d'ailleurs est explicitement présent dans le signe lui-même. Selon le savant danois, le même type de relation caractérise l'idée d'Husserl que pour saisir les objets idéaux, il faut procéder à une déformation continue de l'objet par des « variations éidétiques ».

¹³ Voir à ce propos Châtelet (1993). Selon lui, c'est la gestualité qui nous permet d'opérer, de manipuler, de penser et d'« amplifier l'intuition ». Cette notion d'amplification de l'intuition est intéressante, parce que c'est *une amplification qui se fait par condensation* - amplification des relations qui sont possibles grâce à la condensation dans une image qui permet de *voir ensemble* en une forme émergente ces relations.

Le diagramme entre perception visuelle et mathématique

fidèlement les prémisses. Ces lignes subsidiaires permettront d'introduire des idées nouvelles car elles rendent saisissables des nouvelles formes qui n'étaient que latentes. Cette adjonction est faite par des règles et permet de *voir des formes ressortir de la constitution d'une totalité* :

...Le *Grundsatz* de la Rhétorique formelle est qu'une idée doit se présenter sous une *forme unitaire, totalisante et systématique*. C'est pourquoi maints diagrammes qu'une multitude de lignes rend compliqués et inintelligibles deviennent instantanément clairs et simples si on leur ajoute des lignes ; ces lignes supplémentaires étant de nature à montrer que les premières qui étaient présentes n'étaient que les parties d'un *système unitaire* (Peirce, 1931-35, 2.55, nous soulignons).

Comme on le voit très clairement à partir de ces affirmations peirciennes, ce ne sont pas les déductions de la logique ni les seuls concepts qui ont le pouvoir de démontrer¹⁴ : il faut que des formes émergent. Chez Peirce, seules les icones ont le pouvoir d'exhiber une nécessité, un devoir être¹⁵ parce qu'elles seules peuvent montrer l'*émergence des formes* à partir de lignes qui pourraient apparaître comme désordonnées et insignifiantes. Selon la pensée peircienne, les icones sont les seuls signes capables d'exhiber une nécessité car elles rendent sensibles les relations entre des lignes par des formes, à savoir par des traits et des relations de traits qui se composent et qui apparaissent comme constituant des unités.

Ce sont ces formes qui nous rendent perceptivement évidentes la nécessité des conclusions, et c'est pour cela que Peirce a toujours rapproché la contrainte exercée sur nous par une perception ordinaire et les conclusions mathématiques qui s'imposent à nous comme nécessaires : elles sont toutes les deux caractérisées par l'émergence de configurations qui *ne peuvent qu'être comme elles sont*. Pour Peirce, en fait, la vérité perceptive est aussi *irrésistible* que la vérité mathématique :

Cette contrainte irrésistible du jugement de perception est précisément ce qui constitue la force contraignante de la démonstration mathématique. On peut s'étonner que je range la démonstration mathématique parmi les choses qui relèvent d'une contrainte non rationnelle. Mais la vérité est que le nœud de toute preuve mathématique consiste précisément dans un jugement à tout égard semblable au jugement de perception, à ceci près qu'au lieu de se référer au percept que nous impose la perception, il se réfère à une création de notre imagination (Peirce, 1931-35, 7.659).

Comme on l'a déjà esquissé toute à l'heure, les formules algébriques, bien qu'elles soient constituées de symboles, c'est-à-dire de signes généraux qui ne se rapportent à leur objet qu'en vertu de conventions arbitraires,

¹⁴ « Il ne suffit pas d'énoncer les relations, il est nécessaire de les exhiber effectivement ou de les représenter par des signes dont les parties ont des relations analogues à celles-ci » (Peirce, cité dans Chauviré 2008, p. 48).

¹⁵ Voir à ce propos (Peirce 1931-35, 4.532)

fonctionnent comme des icônes parce que c'est la constitution de *formes* qui leur offre une structure unitaire et perceptivement saisissable de la totalité des relations entre ces signes généraux eux-mêmes¹⁶.

Ce que nous voulons suggérer par cet excursus dans la théorie du diagramme est que tout support, dans notre cas visuel, qui devient un lieu de travail et d'expérimentation de ce type devrait pouvoir être interprété comme un dispositif qui fonctionne diagrammatiquement. Mais nous verrons cela toute à l'heure, en passant à travers d'autres questions qui devraient également nous aider à délimiter les rôles de l'image en astrophysique dans la vulgarisation scientifique et dans les publications pour les spécialistes.

En procédant par une comparaison entre pratiques d'utilisation d'images en science et en art, nous essayerons de voir si nous pouvons distinguer dans l'image scientifique une forme de nécessité différente de celle qui prévaut pour l'image artistique.

2. La vue d'artiste et l'image artistique dans les publications scientifiques

La deuxième question qu'on s'est posée pour poursuivre notre réflexion concerne la spécificité de l'image scientifique par rapport à d'autres produits de l'activité humaine : la comparaison avec les règles internes au domaine de l'art, qui apparemment se place aux antipodes de la recherche scientifique, nous semble nécessaire.

Pour nous interroger sur cette question, nous allons faire référence à un ouvrage de vulgarisation scientifique de l'astrophysicien Jean-Pierre Luminet qui utilise des vues d'artistes et des images historiquement attestées comme artistiques dans la procédure d'exposition scientifique ; nous allons essayer de comprendre comment elles diffèrent des images contenues dans les articles de recherche.

Or nous nous demandons si les vues d'artistes ou les images artistiques - qui ne sont pas du tout la même chose - fonctionnent ou changent de statut lorsqu'elles sont publiées dans une publication scientifique. Plus précisément, nous nous demandons si les vues d'artiste - images fabriquées directement par l'astrophysicien qui peut éventuellement prendre inspiration sur des images picturales ou photographiques bien connues par le grand public¹⁷ - ou bien les images historiquement attestées

¹⁶ Cette constitution de formes qui font apparaître une « solution » et une conclusion nécessaire ont été développées par la théorie de l'iconicité en tant que méréologie chez Bordron (2004, 2010).

¹⁷ Les vues d'artistes peuvent avoir aussi d'autres sources que les images artistiques, comme je l'ai discuté dans Dondero (2007). La vue d'artiste se présente souvent comme point de départ d'une recherche, car elle peut être utile surtout dans le cas de la recherche d'une iconographie qui ne peut pas s'appuyer sur des observations et où les modèles mathématiques ne se sont pas encore révélés satisfaisants ou tout à fait applicables. Normalement, avec les images attestées comme artistiques, les vues d'artiste partagent le fait que leur topologie ne fonctionne pas à l'instar d'un texte d'instruction pour produire d'autres images, d'autres performances. De leur

Le diagramme entre perception visuelle et mathématique

comme artistiques peuvent être utiles, et peut-être nécessaires, dans une démonstration et dans une présentation d'objets scientifiques tels les trous noirs, comme dans le cas de Luminet.

Est-ce que cette vue d'artiste qui prend une image de l'artiste hollandais Escher pour modèle (Figure 1), publiée dans *Le destin de l'Univers. Trous noirs et énergie sombre* de 2006, ouvrage adressé à la communauté élargie des collègues astrophysiciens, peut être considérée, non pas comme nécessaire à la démonstration scientifique, mais du moins utile pour l'argumentation et éclairante pour cerner le fonctionnement d'un phénomène difficile à saisir ?



Figure 1 : Jean-Pierre Luminet (d'après Escher), *Le Trou noir*, lithographie et dessin, 66 x 91cm, 1992. Image reproduite avec l'aimable autorisation de l'auteur.

organisation spatiale on peut tirer des informations concernant la conduite de l'objet de l'expérience mais elles ne donnent pas d'informations généralisables pour la modélisation d'autres objets. Leur organisation topologique peut d'ailleurs devenir *exemplaire* d'un modèle théorique qui est en train de se formuler, même si elles ne sont pas l'incarnation des modèles mathématiques. Elles sont donc des images qui ont une utilité scientifique et qui peuvent être considérées non pas comme des images qui *réalisent* un objet scientifique, mais bien comme des images de départ, des images qui *potentialisent* d'autres images à venir qui peut-être représenteront mieux l'objet de recherche en question. Le fait qu'elle ne soit pas faite pour être manipulée ne lui empêche pas de devenir une image *exemplificatrice*, donc une image de laquelle on peut partir en tant que référence pour poursuivre la recherche, mais bien sûr, elle ne sera jamais une image qui met en jeu un espace en tant que terrain de travail, un espace opératif et opérable, un espace d'où on peut extraire des informations pour faire des généralisations. Pour une approche peircienne sur les vues d'artiste, voir Darras (2012).

À travers ce type de représentations visuelles, Luminet ne vise pas simplement à actorialiser les recherches sur l'attraction du vide d'un trou noir en mettant l'observateur face à la représentation analogisante d'une sensation sensori-motrice qui pourrait lui être causée par la chute à l'intérieur d'un trou noir - l'image met en scène en fait le vertige de l'engloutissement d'un point de vue humanisé. Bien plus que cela, ce type d'image vise à justifier les *fondements* mêmes des recherches scientifiques. En fait, à travers ces images, Luminet montre comment les arts ont eu comme sujet d'enquête les trous noirs psychiques sous les formes les plus diverses - la peur de l'abîme sans fond, la peur de la disparition dans le noir, etc. - et comment les *topoi* littéraires et artistiques ont influencé les chercheurs, en jouant un rôle majeur dans la créativité scientifique et notamment dans la conception des théories.

Si on regarde attentivement l'image construite par Luminet d'après Escher, elle met en scène un espace construit sur des incongruences topologiques effrayantes et sur des architectures illogiques et non praticables visant à montrer que le trou noir est un espace dévorant duquel rien ne pourrait ressortir. D'ailleurs, Escher est l'artiste qui plus que tout autre a su décrire l'ouverture vers le vide, la montée qui se transforme en une chute aspirée ; en un mot, il est l'artiste du vertige, et du renversement des perspectives, ce qui exemplifie bien le fonctionnement supposé des trous noirs. Plus précisément, cette image représente un gouffre à l'intérieur duquel sont aspirés des dés. Les figures des dés mettent en scène la tentative scientifique de brider le hasard en le rapportant à des résultats contrôlables (les six faces du cube). Ils représentent des instruments du calcul de ce qui se passe et de ce qui n'est pas entièrement maîtrisable. Emportés par la force attractive du trou noir, les dés tombent dans une fissure tectonique et ils montrent ainsi le point-limite de la calculabilité scientifique : à l'intérieur de ce gouffre, il manquera un plan d'appui et ils ne pourront plus se stabiliser en une position qui manifeste un résultat. Ces dés sont donc une métonymie de tous les éléments prothétiques de l'être humain qui visent à brider l'indétermination. Le trou noir est au contraire un mouvement chaotique qui ne permet même pas une position d'observation statistique de ses turbulences. Aucune maîtrise de cet espace dévorant n'est possible : toute position des dés ou de l'observateur est provisoire, fuyante. Les faces des dés deviennent de plus en plus indiscernables, plus on descend dans le puits. Leur pluralisation met encore davantage en valeur leur fonctionnement en tant que dispositifs pour construire et édifier des architectures théoriques possibles : leur chute est la débâcle de toute tentative de contrôle.

Il nous semble qu'ici la vue d'artiste vise à *exemplifier* des conflits de forces et des tensions entre perte d'orientation et recherche de repères qui sont à l'origine de la conception scientifique des trous noirs. On s'aperçoit qu'à travers cette image, Luminet vise à construire une *archéologie de l'être concevable même du trou noir* ; toutes les références à la littérature et à l'histoire de la culture qu'il établit se justifient à travers cette nécessité de remonter à *l'origine* même de la référentialisation.

Le diagramme entre perception visuelle et mathématique

Tout se passe évidemment de manière très différente dans l'article de recherche, « Image of a Spherical Black Hole with Thin Accretion Disk » de 1979, publié sur la revue spécialisée *Astronomy and Astrophysics*, qui cherche non pas à imager, mais à *calculer l'iconographie* des trous noirs. La spatialisation des équations mathématiques en une série de visualisations (Figure 2) montre le travail de recherche des liens et des justifications mathématiques entre les nombreuses étapes du processus de visualisation d'un objet qui n'est que théorique, tel les trous noirs. Ici, la référence en question est donnée par la théorie de la relativité générale, et le public visé est la communauté restreinte des collègues spécialisés dans la topologie cosmologique.

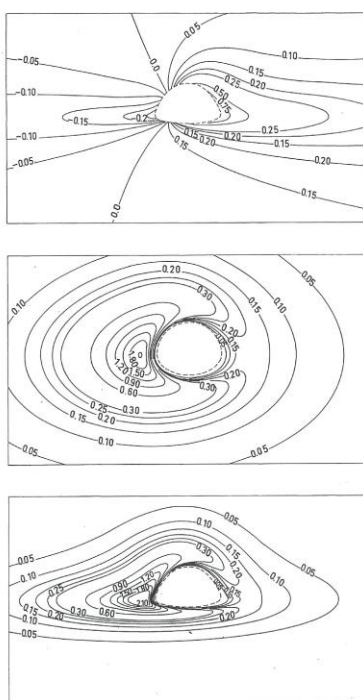


Figure 2 : Jean-Pierre Luminet, Courbes du disque d'accrétion selon différents points d'observation (Luminet, 1979, p. 234)
Image reproduite avec l'aimable autorisation de l'auteur.

On s'aperçoit que la différence entre les deux genres discursifs de la littérature scientifique est déterminante dans le choix des images à montrer au public : dans l'article de recherche, il s'agit de rendre explicites toutes les étapes de la construction théorique et mathématique de l'objet de recherche ; dans l'ouvrage de vulgarisation, en revanche, il ne s'agit plus de rendre explicites les connexions et les liens entre *étapes du parcours* de référentialisation théorique, mais bien au contraire de justifier *en amont l'origine culturelle* de cette référentialisation.

La chose bizarre qui résulte de cette comparaison me semble être que c'est paradoxalement l'image artistique qui permet au lecteur de l'ouvrage scientifique de faire un *pas en arrière* sur les fondements de ces recherches : si dans l'article de recherche, les fondements de la référentialisation concernent la théorie de la relativité générale et les équations qui en découlent, dans l'ouvrage de vulgarisation, les fondements de la référentialisation concernent des configurations sémantiques *fondées sur des formes de vie partagées par la culture occidentale*. D'une certaine manière, la référentialisation pertinente dans le genre discursif de la vulgarisation ne vient pas *après* celle des articles de recherche, en guise de simplification, mais elle se pose aux sources de la réflexion scientifique sur la relativité générale et sur les modèles théoriques qui peuvent expliquer des phénomènes difficilement saisissables. Mais ce qui est encore plus intéressant est que l'image d'après Escher, positionnée à la base d'une recherche théorique tentative sur des objets qui sont en train d'être étudiés pour la première fois, veut signifier aussi que l'utilisation d'une image artistique montre le lieu où la démarche scientifique cherche à résoudre ses limites ou ses hésitations, bref lorsque la science accepte ses contradictions sur les fondements de ses recherches et les fait momentanément *coexister*. C'est le lieu où cette coexistence des contradictions peut devenir une source de réflexion. On pourrait arriver à dire que la vue d'artiste de Luminet exemplifie la difficulté qu'a la recherche scientifique à ne s'appuyer que sur elle-même et sur les règles propres au domaine scientifique.

On s'aperçoit finalement que la problématique de la définition de l'image scientifique engendre précisément la question des *genres discursifs* de la littérature scientifique : est-ce que les images telle la vue d'artiste d'après Escher contenue dans l'ouvrage de vulgarisation sont scientifiques ? Ou au contraire, seuls les articles de recherche sont-ils à prendre en compte pour comprendre quels sont les fonctionnements des images scientifiques ? Il est difficile d'exclure la vulgarisation car, si on entend par image une *configuration qui identifie un objet*, il n'y aurait alors presque pas d'images dans les *papers* de recherche qui sont adressés aux collègues de la même spécialité ; il n'y a souvent que des tableaux de chiffres présentant des séries de résultats de mesure... Les images construites à partir des chromatismes et des textures figées établissant une iconographie sont employées surtout dans les ouvrages de vulgarisation adressés à la communauté scientifique élargie. Peut-on choisir alors la vulgarisation pour la communauté scientifique élargie comme genre textuel de référence pour notre définition, même si souvent les images ici contenues n'affichent pas les paramètres de leur production et reproductibilité ? Autrement dit : même si elles nient la possibilité d'être entendues en tant que lieux d'expérimentation ?

D'ailleurs, il ne faut pas oublier qu'il peut arriver que les images de vulgarisation soient exactement *les mêmes* que celles publiées dans les articles destinés aux revues spécialisées. C'est seulement leur positionnement dans la chaîne rhétorique de l'argumentation qui change. C'est le cas de l'image suivante (Figure 3), qui est à la fois le résultat *final* de l'expérimen-

tation qui résulte de la série de visualisations de calculs (Figure 2) dans l'article spécialisé et une des images de *départ* pour la construction des simulations d'un voyage à l'intérieur d'un trou noir dans l'ouvrage de vulgarisation.

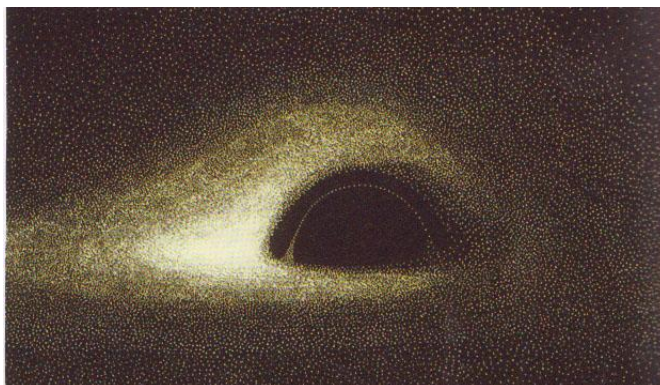


Figure 3. Jean-Pierre Luminet, Apparence lointaine d'un trou noir sphérique entouré d'un disque d'accrétion. Photographie virtuelle d'un trou noir, calculée en 1978 sur ordinateur (reprise dans Luminet, 2006, p. 284). Image reproduite avec l'aimable autorisation de l'auteur.

Publiée pour la première fois en 1979 dans la dernière page de l'article, « Image of a Spherical Black Hole with Thin Accretion Disk » de 1979, comme résultat final d'une expérimentation diagrammatique, elle est retenue dans l'ouvrage de vulgarisation *Le destin de l'Univers* : est-ce que cette image, qu'on peut considérer comme l'image résultant d'un travail de calcul des valeurs mathématiques, a le même statut dans l'article de recherche que dans l'article de vulgarisation ?

Dans le cas de l'ouvrage de vulgarisation, sa genèse n'est pas *justifiée* à travers les *multiples* passages qui l'ont rendue fabricable, et qui sont visualisés dans la Figure 2. C'est cela qui fait la différence : dès que l'image scientifique est isolée, dès qu'elle est soustraite à la chaîne de transformation de données - ou des valeurs mathématiques - qui l'a produite, son statut bascule ; elle devient forcément une image non-démontable, voire non justifiable par ses paramètres de production. Elle devient une image non-manipulable et son statut bascule vers l'exemplaire unique, vers la non-reproductibilité, vers le statut artistique. Elle se transforme en une image unique et figée comme le sont nécessairement les images artistiques, qui sont des originaux sacralisés. Publiée dans un genre textuel différent de la littérature scientifique, cette image se transforme : de résultat d'une moyenne de valeurs mathématiques, donc d'image *manipulable* et par conséquent diagrammatique, elle devient une *image identifiant un objet*. C'est à travers cette stabilisation et ce processus d'arrêt de la manipulation qu'on présente au

public un objet qui a parcouru son chemin d'un statut « d'objet de recherche » à un statut d' « objet scientifique ».

On peut donc conclure que, à l'intérieur de la littérature scientifique, les rôles de la même image dépendent aussi des *genres discursifs* de la publication dans lesquels elle est insérée et de sa position à l'intérieur de l'argumentation ; on a vu que dans l'article de recherche, elle est justifiée par les étapes de sa construction (de la théorie physique aux modèles mathématiques, des équations aux diagrammes) tandis que dans l'ouvrage de vulgarisation, elle se manifeste comme unique et isolée, non supportée par des justifications mathématiques et donc sans « filiation » possible.

2.1. Entre visualisations, image et calculs

En ce qui concerne le domaine de l'astrophysique plus généralement, on s'aperçoit qu'il y a au moins trois sortes de représentations visuelles dans les publications de cette discipline. Des deux premières, nous avons traitées ailleurs de manière plus approfondie (Dondero 2009b) et nous allons donc passer très brièvement sur elles :

1. Le premier type relève des *visualisations* de données : les mêmes données - qui sont des visualisations de valeurs choisies à partir des tableaux de chiffres obtenues par des mesures - sont mises en image à travers des échelles et des couleurs différentes visant à valoriser des différences de température, de composition chimique, de vitesse, etc. Les visualisations n'instituent pas l'identité de l'objet scientifique à un phénomène, elles n'offrent pas une iconographie stabilisée d'un objet : en revanche, elles rendent pertinents des regroupements des données qui puissent répondre à des questionnements d'une fois à l'autre différents. Chaque visualisation de données répond à une série de questions ; les visualisations peuvent être comprises comme des *exécutions* des relations entre données récoltées et paramétrages choisis. Les visualisations sont donc *des exécutions d'instructions* de codages de données et, par conséquent, elles sont reproductibles par n'importe quel scientifique qui dispose des mêmes données, de mêmes paramètres et du même outil de visualisation. Elles se présentent normalement sur un écran d'ordinateur en un rapport paradigmatique les unes avec les autres et elles sont très rarement enchaînées comme développement l'une de l'autre : elles construisent une parataxe. D'une certaine manière, elles ne font qu'actualiser des organisations métréologiques de données qui restaient virtuelles dans le tableau de chiffres dont elles émanent. C'est pourquoi nous devons distinguer ces visualisations qui « arrangent » et filtrent des données de manière toujours différente selon le besoin de l'investigation, des images qui par contre identifient un objet et qui l'instituent en une unité où chaque partie a un lien figé avec toutes les autres et avec la totalité constituée. Si les visualisations ne sont que des variantes d'un environnement virtuel composé par des données à façonner selon des

exigences diverses, l'image qui identifie un objet institue une nouvelle iconographie.

2. Le deuxième type de représentation visuelle concerne justement les *images identifiant un objet* qui, à la différence des visualisations, visent la fabrication d'iconographies *stabilisées*. Ces images qui construisent une iconographie stabilisée d'un objet – lequel devient « objet » précisément grâce à l'image –, tendent vers le régime caractérisant les images artistiques où chaque trait est figé à l'intérieur d'une totalité non décomposable. Mais, comme on vient de le dire, le statut d'image identifiant un objet dépend du genre discursif aussi, elle ne l'est pas dans l'absolu. C'est ce qu'on a décrit par rapport à l'image des trous noirs (Figure 3) : cette dernière fonctionne comme une image d'objet si on la considère comme isolée par rapport à la chaîne de transformation qui l'a rendue possible, et insérée dans une publication de vulgarisation, mais elle fonctionne en revanche comme une image-visualisation (des valeurs mathématiques) si on la considère comme résultante d'une *chaîne justifiée* de calculs dans l'article de recherche. Si le rôle de l'image dans l'article de recherche est de mettre en valeur l'instrument (ou dans notre cas, les valeurs mathématiques) qui l'a produite, dans la vulgarisation par contre, l'image ne montre plus la relation avec son acte de production : *en perdant sa justification énonciative*, elle se rapproche du rôle des images artistiques, qui ne sont pas censées révéler leurs techniques d'instanciation. Elle devient une image non-scientifique, car elle a figé quelque chose ne permettant plus des manipulations et donc avancées de l'investigation. On pourrait donc affirmer que l'image qui stabilise une iconographie et qui est publiée notamment dans les ouvrages de vulgarisation fonctionne à l'instar des images artistiques, qui sont non-manipulables.

3. Nous identifions un troisième type d'image avec les visualisations mixtes comme celles qu'on a vues dans la figure 2, et qui peuvent être comprises comme des *étapes* de l'expérimentation qui peuvent aboutir dans la fabrication de l'iconographie des trous noirs (Figure 3). Les représentations visuelles dans la figure 2 engendrent en leur sein un processus d'expérimentation et de manipulation *via* les multiples spatialisations des valeurs mathématiques. Nous les appelons visualisations mixtes parce qu'elles sont produites par une *spatialisation des équations*, à savoir par une tentative de donner consistance spatiale à des opérations portant sur une réalité mathématique abstraite. C'est toujours difficile de concevoir que les équations puissent arriver à « énoncer » des représentations visuelles étant donné que la propriété principale de toute image a toujours été d'être le résultat local et figé d'une énonciation technologique. L'image, à cause de son ancrage dans un espace particulier, a toujours été entendue comme quelque chose de localisant et localisé dont il faut s'éloigner si on veut procéder à la généralisation. Ici les choses

sont différentes : ce sont les équations qui donnent un ancrage et un statut de nécessité à l'organisation spatiale. C'est l'équation qui densifie l'image, qui l'enracine en une organisation topologique nécessaire. C'est l'équation qui offre les multiples possibles ancrages que l'image d'un objet théorique ne peut pas produire toute seule, mais c'est l'image qui offre aux équations un espace *opérable*, voire un espace d'expérimentation. La visualisation offre la *forme* aux valeurs des équations, mais en offre une forme manipulable et *déclinable au pluriel*. D'une certaine manière on pourrait dire que *l'équation détermine et localise la spatialisation* en lui offrant les coordonnées de l'opérativité, mais l'image localise elle aussi la généralité de l'équation en lui offrant une spatialisation qui peut éventuellement devenir le lieu d'introduction des lignes auxiliaires - dont parle Peirce - qui peuvent engendrer des nouvelles manières de voir l'objet qui est en train de se constituer. Ces images mixtes montrent le développement d'une manipulation diagrammatique, c'est-à-dire une construction ni totalement singulière et locale, ni totalement générale et globale. Toute diagrammaticité en fait est liée à des propriétés locales de l'espace (position, dimension, orientation) - la visualisation étant enracinée dans un support matériel observable et dans la perception - mais en même temps elle ambitionne de valoir pour plusieurs objets, c'est-à-dire pour les trous noirs en général. Ces images construisent à notre avis un raisonnement diagrammatique parce qu'elles montrent l'opérativité du scientifique sur une topologie donnée et en même temps affichent les résultats des calculs dont l'instance énonciative n'identifie pas une syntaxe figurative localisante une énonciation, mais une généralité. Ce qui différencie ces images des visualisations de type 1, c'est le fait que chaque visualisation mixte construit en son sein plusieurs formes, elle les condense en devenant une synthèse des différentes manières de constituer des organisations différentes des données. Au contraire, chaque visualisation de type 1 ne condense rien, elle ne vaut que comme un élément paradigmatique dans une série d'images construisant une parataxe. De plus, ces dernières sont des *visualisations de données*, tandis que les visualisations mixtes sont des *visualisations d'opérations*.

2.2 L'art et les mathématiques dans la représentation de l'Univers

Après cette brève analyse des représentations des trois noirs, on pourrait se demander : est-ce que, alors, l'image artistique n'a rien à faire avec les mathématiques ? Sont-ce les mathématiques, appartenant exclusivement à la construction de l'image scientifique, qui la distinguent de l'image artistique ? Nous allons envisager quelques exemples qui pourraient nous donner quelques ébauches de réponse négative à cette question. Nous essaierons de comprendre comment la topologie de l'image scientifique fonctionne par rapport à d'autres topologies dont le statut n'est pas

scientifique, mais artistique : ces exemples rendent difficile une distinction nette entre les types d'espace spécifiques aux statuts artistique et scientifique des images.

Nous savons bien que les images peuvent assumer, tout au long de leur histoire, des statuts différents - par statut, j'entends la stabilisation institutionnelle des usages d'un texte qu'il soit visuel ou verbal ; il est donc toujours embarrassant d'identifier une fois pour toutes une image comme artistique ou scientifique, publicitaire ou documentaire. L'étude de sa biographie nous montre souvent qu'elle peut être assumée tout au long de son histoire sous différents cadres, à l'intérieur de domaines différents et surtout par les différentes traditions visuelles dans lesquelles elle s'inscrit¹⁸.

Comme plusieurs chercheurs l'ont remarqué, il est plus fréquent qu'une image scientifique soit assumée comme œuvre artistique que vice-versa, mais il faut nuancer cette évidence. Précisément en se demandant : est-ce que la signification de l'organisation topologique de l'image dépend de cette question statutaire, une même organisation de l'espace pouvant être assumée par n'importe quel statut ? Est-ce que, vice-versa, le statut dépend de l'organisation spatiale de l'image ?

Dans le cas de l'image scientifique cette organisation en principe devrait être :

1. *informative* - à savoir une organisation à partir de laquelle on peut obtenir des réponses par rapport à une question ou à un problème donné ;
2. *digitalisable* - à savoir constituée par des éléments disjoints ;
3. *modulable* ;
4. sa genèse est censée être *reproductible* par une communauté de chercheurs.

Toutes ces caractéristiques en principe ne devraient pas être partagées par l'image artistique.

Nous précisons que nous entendons par espace modulable un espace qui peut donner existence à des modules qu'on peut imaginer comme des sous-organisations et de regroupements divers et concurrentiels de données. Il est donc différent de digitalisable, car la propriété d'être digitalisable n'est qu'une qualité nécessaire de la propriété d'être modulable, à savoir ré-organisable à travers plusieurs ordres et faisceaux de critères.

Comme nous l'avons déjà affirmé auparavant, la littérature scientifique accueille en son sein des images qui ne sont pas proprement scientifiques si par image scientifique, on entend qu'elle est caractérisée par les quatre traits spécifiques énumérées précédemment, et notamment une image dont le parcours de la genèse peut être justifié et reproduit à partir des paramètres expérimentaux ou des modèles mathématiques. Deux autres types d'images sont utilisés dans la littérature scientifique : la première est l'image de statut artistique, image produite par un artiste, qui se situe dans une tradition artistique et qui est utilisée par les scientifiques notamment dans le

¹⁸ Voir à ce propos Basso Fossali & Dondero (2011).

genre de la vulgarisation savante. La deuxième est la vue d'artiste, produite par des scientifiques, par exemple des astrophysiciens graphistes qui travaillent pour la NASA. Si nous nous sommes consacrée dans les pages précédentes aux vues d'artiste, nous nous consacrerons à présent plus spécifiquement à l'image artistique tout court.

En général, l'image artistique peut être publiée pour signifier le fait que les modèles d'espace expérimentés par les scientifiques peuvent avoir eu comme source d'inspiration une organisation spatiale déjà exploitée par des artistes. Certains scientifiques déclarent cette source. Pensons banalement à la Renaissance où Copernic avait été influencé par les artistes et savants italiens quant à la représentation de l'espace tridimensionnel, qu'il incorporait dans son système astronomique en transformant la fenêtre de Brunelleschi en une *fenêtre mouvante* (en concevant la terre en mouvement). L'application de la perspective à la vue humaine du ciel lui permit de déterminer la structure du cosmos et les relations parmi ses constituants, ainsi que de calculer la distance entre les étoiles. La perspective est d'ailleurs un système qui permet de construire une commensurabilité entre des objets de taille et de distance divers.

Mais dans les sciences topologiques contemporaines, il y a des cas encore plus intéressants. Par exemple, la cosmologie relativiste moderne a abandonné l'idée que l'espace de l'univers est fait d'astres compréhensibles à travers différents types plus ou moins réguliers de polyèdres (prismes, rhomboïdes, etc.) (Figure 4) pour embrasser l'idée que l'espace en lui-même est polyédrique et que le cosmos en tant que totalité finie possède une structure *cristallographique* (Figure 5). Ces deux images d'Escher sont utilisées par l'astrophysicien Jean-Pierre Luminet dans plusieurs de ses écrits¹⁹.

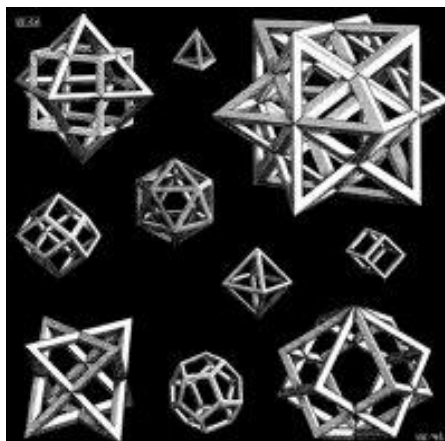


Figure 4 : M.C. Escher, *Study of Stars*, wood engraving, 1948 ©2012, The M.C. Eschre Company-Holland. All rights reserved. www.mcescher.com

¹⁹ Voir par exemple Luminet (2009).



Figure 5 : M.C. Escher, *Symmetry Watercolor 78*, watercolor/colored pencil, 7 7/8 x 7 7/8, 1950, ©2012, The M.C. Eschre Company-Holland. All rights reserved. www.mcescher.com

A travers la production d'Escher, Luminet (2009, p. 11) montre deux conceptions de l'espace de l'univers : de l'image d'un espace habité d'astres qui prennent les formes de dodécaèdres ou d'autres polyèdres, aux images de l'espace dodécaédrique de Poincaré qui est visualisable à travers des topologies construites par des pavages périodiques, produites par des translations en plusieurs directions, mais aussi des rotations, des symétries axiales, des symétries glissées²⁰. Ces deux images exemplifient le passage intervenu dans la théorisation de la topologie cosmologique d'une organisation spatiale de l'espace de l'univers à l'autre, à savoir de la représentation d'un espace *rempli des dodécaèdres* à la représentation de l'espace *en* dodécaèdre.

Escher est bien sûr considéré comme un artiste, mais ces images résultent d'expériences de la géométrie hyperbolique et sont devenues des images qui ont posé des problèmes mathématiques et qui ont fait évoluer la réflexion de la géométrie. Voyons comment.

Les modèles d'univers qui sont incarnés par cette deuxième image d'Escher sont appelés *wraparound models* : ces modèles utilisent des cubes ou des parallélépipèdes pour créer un espace toroïdal, leur propriété principale étant de se fonder sur des *symétries*. Ces symétries sont réalisées par des groupes d'holonomie selon lesquels les points correspondant à chaque face sont collés entre eux d'une manière telle que l'espace physique résulte d'un processus complexe de *repliement* sur lui-même. Ces modèles mathématiques changent beaucoup de choses en astronomie : il ne s'agit plus

²⁰ Sur la question des 17 pavages du plan voir les démonstrations à cette adresse : http://therese.eveilleau.pagesperso-orange.fr/pages/jeux_mat/textes/pavage_17_types.htm

de penser qu'à chaque point de la lumière observable correspond une étoile spécifique, mais de penser que chaque corps céleste est représenté par un certain nombre d'images fantômes ou mirages gravitationnels (*ghost images*), ce qui veut dire que ce que nous voyons n'est pas le ciel comme il est, mais un croisement et une multiplication d'images de l'univers, à plusieurs distances et points de vue, superposées les unes aux autres (Figure 6).



Figure 6 : Jeff Weeks, *Espace dodécaédrique de Poincaré* (Luminet, 2009, p. 12).
Image reproduite avec l'aimable autorisation de l'auteur.

Cette image illustre l'espace dodécaédrique théorisé par Poincaré, composée par un mathématicien collaborateur de Luminet, Jeff Weeks. Il s'agit d'une vue simulée, depuis l'intérieur de l'espace dodécaédrique, dans une direction arbitraire, calculée par le programme *Curved Spaces* et montrant des images multiples de la Terre obtenues par mirage topologique. Nous voyons ici les simulacres de la Terre, à des distances différentes des angles des parallélépipèdes. L'effet est comparable mais non identique à ce qu'on pourrait voir de l'intérieur d'un parallélépipède dont les faces internes sont recouvertes de miroirs, où les reflets se croisent et se multiplient. Cette méthode cristallographique a été développée pour visualiser la distribution en 3D de certaines sources de lumière : les corrélations visualisées signalent des répétitions de *patterns* comme dans les cristaux. Imaginons une source lumineuse à partir de notre position d'observation, immergée dans cette structure : la lumière émise devant nous croise la face du parallélépipède derrière nous et réapparaît dans la face opposée devant nous, et nous pouvons avoir, en regardant devant nous, une vision de ce qui se situe derrière nous. Même chose pour la gauche et la droite, pour le bas et le haut.

Un observateur qui vit dans l'espace dodécaédrique de Poincaré a l'illusion de vivre dans un espace 120 fois plus vaste, fait de dodécaèdres donnant un effet de carrelage. Cet espace tessellé à la manière d'un mosaïque

Le diagramme entre perception visuelle et mathématique

- le terme qui le décrit en anglais est *tessellation* - résulte des transformations mathématiques qui ont été utilisées pour coller les angles par translation et formant des groupes de symétries.

Un minéralogiste russe Fedorov en 1891 avait démontré que les groupes de symétries qu'il fallait pour carrelé régulièrement un plan étaient en nombre de 17, et en 1922 un archéologue, Andreas Speiser, s'aperçut que ces 17 groupes de symétries avaient été découverts *empiriquement* 400 ans auparavant dans les arts décoratifs des mosaïques de l'Alhambra à Grenade (Figure 7) :

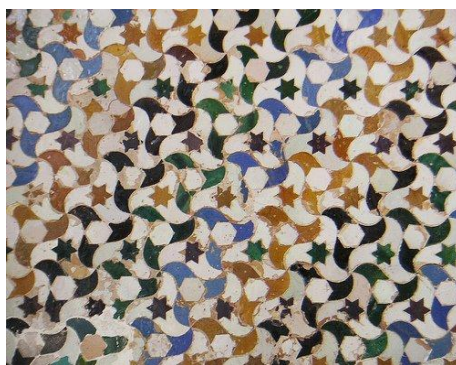


Figure 7 : Particulier des mosaïques de l'Alhambra à Grenade : configuration à "pajarita" (cocotte en papier) dans la partie basse des murs du patio de los Arrayanes.

Les *patterns* résultaient des combinaisons de symétries simples ou complexes et toutes réductibles aux 17 groupes de symétries mathématiquement identifiés très longtemps après par le minéralogiste russe Fedorov, qui en a donné une description mathématique exhaustive.

En revenant maintenant à l'image d'Escher vue auparavant (Figure 5), on peut affirmer que cette image de statut artistique non seulement hérite son iconographie des groupes des symétries institutionnalisés en mathématiques, qui ont à leur tour recueilli l'héritage d'une expertise due aux arts décoratifs, mais que cette série d'images de pavage d'Escher ouvre elle-même un nouveau champ de la géométrie, appelé ensuite la *théorie des groupes de symétries polychromes* : les couleurs des *patterns* n'avaient pas été prises en compte par la théorie des groupes de symétries du minéralogiste russe Fedorov. Après Escher et sa série d'images *The Circle Limit* (1958), ces *patterns* colorés ont été étudiés par Donald Coxeter, un de plus important géomètre du XX^e siècle.

Par rapport au *passage de statut de l'image artistique à celui de l'image scientifique*, on peut donc affirmer que ces images d'Escher ont posé des problèmes mathématiques en faisant ainsi évoluer la réflexion de la géométrie : c'est bien la *relation entre les couleurs et les symétries* qui a ouvert de nouvelles pistes de réflexions, et cela grâce aux expériences d'un artiste.

Grâce à ces exemples, on s'aperçoit qu'un même type d'organisation spatiale peut être le résultat de la visualisation de calculs ou bien le résultat d'une expertise artistique. Ces brèves réflexions sur l'image scientifique et artistique n'ont en fait comme autre but que de montrer que l'espace calculable, mesurable, modulable, mathématisable ou mathématisée, n'identifie pas forcément la spécificité de l'image scientifique - même si, bien sûr, la mathématisation des données, par exemple des données photographiques, peut souvent la caractériser²¹.

Avec Escher et l'Alhambra de Grenade on a été confronté à un espace repliable sur lui-même, développable à travers des translations selon des procédures figées qui sont génératrices de performances diverses : cet espace peut être exploité par des images de statut artistique et des images de statut mathématique. Chaque performance visuelle peut être utilisée à son tour comme texte d'instruction pour générer d'autres performances caractérisées par le même type de translations et rotations symétriques tant en art qu'en science. On voit bien ici que même l'image artistique peut être produite à travers des procédures d'instructions et devenir elle-même un texte d'instruction. Il apparaît que dans nos exemples, l'image en tant que *texte d'instruction* et l'image en tant que *performance* coïncident tant dans l'art d'Escher (qui d'ailleurs a fabriqué des séries d'innombrables images en expérimentant les différents groupes de symétries, comme dans le cas de la série *The Circle Limit*) que dans les expérimentations mathématiques. Certes, celui-ci ne constitue qu'un cas très particulier dans le domaine de l'art, voire un cas célèbre où la solution spatiale d'une image artistique a été à la fois l'héritier et le *précurseur empirique* d'études mathématiques, mais tout de même, il donne à voir la difficulté d'établir un partage entre des caractéristiques de l'organisation spatiale pour identifier des fonctionnements spécifiques de l'art et de la science²².

²¹ Voir à ce propos Basso Fossali & Dondero (2011 et en particulier « La photographie scientifique entre trace et mathématisation »).

²² D'ailleurs, on se rappellera de la conception de l'historien et théoricien de l'art Baxandall formulée dans *Formes de l'intention* (1991) et en particulier dans le § 1 : pour Baxandall, chaque organisation spatiale en art est la tentative de résoudre un problème ressenti dans une époque et dans une communauté données. En adoptant un point de vue téléologique (vs. nomologique) visant la justification des finalités d'une œuvre, le réalisateur d'un tableau est quelqu'un qui est face à un problème dont le produit se pose comme une solution qui est concurrentielle par rapport à d'autres solutions. Pour comprendre un tableau il faudra alors reconstruire le problème spécifique que le peintre visait à résoudre autant que les circonstances spécifiques (formes déjà disponibles, formes conflictuelles par rapport à la période dans laquelle il opérait, etc.) à l'intérieur desquelles il se le posait.

3. Texte verbal vs. représentation visuelle ou mathématisation VS. visualisation ?

Nous voudrions terminer en prenant brièvement en considération la troisième question concernant la frontière entre ce qui relève du textuel et ce qui relève du visuel.

La résistance qu'on éprouve à éliminer cette distinction entre verbal et visuel en sciences du langage cache une distinction plus enracinée encore dans notre culture, celle qui existe entre digital et analogique : dans le cas du verbal, les unités sont censées être facilement identifiables car disjointes, alors que dans le cas des représentations visuelles et notamment de l'image, les traits sont difficilement digitalisables et difficilement identifiables. Cela a entraîné aussi une méfiance envers la possibilité de concevoir une syntaxe de l'image fixe.

Il nous semble que c'est justement cette séparation entre analogique/digital et entre visuel/verbal que la sémiotique greimassienne a essayé de dépasser en montrant que ce n'est pas l'élément isolé - les traits visuels ou les graphèmes - qu'il faut prendre en compte lors de l'analyse : la taille pertinente dans les deux cas est suprasegmentale et discursive, l'organisation discursive étant irréductible à l'addition des traits qui la composent.

Nous voudrions porter brièvement l'attention sur une autre distinction qui calque celle entre analogique et digital et qui est transposable à d'autres distinctions plus proches du domaine qui nous intéresse ici : celle entre visualisation et mathématisation, qui nous semble plus appropriée que celle entre visuel et verbal du point de vue d'une heuristique sémiotique. La distinction visuel/verbal est à notre sens moins heuristique, puisqu'elle relève de la substance de l'expression des langages, mais elle n'est pas forcément utile du point de vue de la signification des langages. Mettons donc ces deux distinctions à l'épreuve de ce que nous avons affirmé du diagramme toute à l'heure : à travers la distinction entre visuel et verbal, on ne pourrait pas distinguer le diagramme des graphiques et des schémas ; à travers la distinction entre visualisation et mathématisation on pourrait arriver à comprendre ce qui distingue un diagramme d'un graphique : en fait le graphique n'est pas censée être manipulable et il n'est donc pas un « flat laboratory », comme l'est par contre le diagramme. Mais cette dernière distinction permet surtout d'affirmer que le fonctionnement diagrammatique comprend *d'autres* configurations imageantes que des simples schémas, à savoir des images comme on l'a vu toute à l'heure avec les visualisations mixtes, qui rendent pertinente la relation entre perception et généralisation, entre enracinement spatial et transposabilité, entre observabilité et imagination. L'image mixte des trous noirs a permis des expériences de la pensée : à travers plusieurs étapes et manipulations on est arrivée à une image calculée qui est une image des trous noirs logiquement possibles. C'est ce processus de pluralisation des possibles, déployés à travers une visualisation manipulable, que nous appelons processus diagrammatique à l'intérieur de l'image scientifique.

Nous ne voulons pas identifier l'image scientifique prototypique exclusivement à partir de la notion de diagramme - on a vu que les visualisations et les images identifiant un objet jouent un rôle important dans la littérature scientifique, ainsi que certaines vues d'artistes et les images attestées comme artistiques -, mais avancer l'idée que, entre les visualisations et l'image-objet²³, on a des images mixtes qui, à travers la manipulation réglée, nous permettent d'engendrer des véritables expériences de la pensée qui sont à la source des avancements scientifiques.

Conclusions

Par rapport aux graphiques et aux schémas, le diagramme a des spécificités importantes, car il ne fait plus partie d'un statut textuel - et j'entends ici « textuel » selon la définition de la sémiotique greimassienne, voire en tant que configuration de sens fermé. En fait le diagramme fonctionne comme une icône de relations qui trouve une exemplification dans un scénario qui dépasse les attributions de signification déjà cristallisés.

En ce qui concerne notre enquête sur l'image diagrammatique en tant qu'*image nécessaire*, on peut enfin affirmer que les images artistiques autant que les images scientifiques manifestent une certaine nécessité existentielle ; dans le cas de l'image artistique il s'agit d'une nécessité qui est interne à sa configuration : il s'agit d'une nécessité qui sera figée - au sens de sacralisée - par le monde de l'art qui en fera une œuvre. Cette nécessité de l'image artistique dérive aussi d'une densité syntaxique et sémantique de sa topologie (aucun trait ne peut être déplacé faute de compromettre toute la signification de l'image) ; en revanche, l'image scientifique manifeste une nécessité due non pas à elle-même, mais à la contrôlabilité de ses paramètres de production et aux règles de transformation et manipulation qui ne lui sont pas internes, mais dépendant d'une chaîne d'opérations qui l'ont précédée. Dans le cas de l'image scientifique entendue en tant que support d'expérimentation (visualisation mixte), elle attend d'être rendue opérationnelle et ensuite transformée en d'autres images (elle est un « texte d'instructions »). Sa caractéristique principale est donc d'être produite par des paramètres contrôlés et de produire d'autres images qui peuvent trouver en elle une (partielle) justification. Mais comme on vient de le voir dans la théorie peircienne du diagramme, ce n'est pas la créativité tout court qui distingue l'image scientifique de l'image artistique : il faut également concevoir dans le cas du diagramme mathématique l'élément créateur, même si réglé par des procédures et des codes de transformation.

²³ On pourrait définir l'image identifiant un objet comme la réponse à la nécessité d'inscrire dans une identité unique et figée les multiples constitutions diagrammatiques. L'image-objet cherche à fixer un centre de gravitation identitaire qu'on appelle objet.

Note

Les recherches de Maria Giulia Dondero ont été financées grâce à la subvention "Actions de recherche concertées – ARC" de la Direction générale de l'Enseignement non obligatoire de la Recherche scientifique – Direction de la Recherche scientifique – Communauté française de Belgique et octroyées par l'Académie Universitaire Wallonie-Europe.

Bibliographie

- Catherine Allamel-Raffin, « La production et les fonctions des images en physique des matériaux et en astrophysique » - Thèse de doctorat en épistémologie et histoire des sciences et des techniques, Strasbourg, Université Louis Pasteur, 2004.
- Pierluigi Basso Fossali, *La tenuta del senso. Per una semiotica della percezione*, Rome, Aracne, 2009.
- Pierluigi Basso Fossali & Maria Giulia Dondero, *Sémiotique de la photographie*, Limoges, Pulim, 2011.
- Michael Baxandall, (1985) *Formes de l'intention. Sur l'explication historique des tableaux*, Paris, Jacqueline Chambon, 1991.
- Jean-François Bordron, « L'iconicité », *Ateliers de sémiotique visuelle*, Hénault et Beyaert-Geslin dirs, Paris, P.U.F, 2004, pp. 121-154.
- Jean-François Bordron, « Rhétorique et économie des images », *Protée* n°38, vol. 1, « Le Groupe μ entre rhétorique et sémiotique. Archéologie et perspectives », Badir & Dondero dirs, 2010, pp. 27-40.
- François Brunet, *La naissance de l'idée de photographie*, Paris, P.U.F., 2000.
- Gilles Châtelet, *Les enjeux du mobile. Mathématique, Physique, Philosophie*, Paris, Seuil, 1993.
- Christiane Chauviré, *L'œil mathématique. Essai sur la philosophie mathématique de Peirce*, Paris, éditions Kimé, 2008.
- Bernard Darras, « Étude sémiotique de la "vue d'artiste" dans l'illustration scientifique », *Art et science : une attirance*, Beyaert-Geslin & Dondero dirs, Liège, Presses Universitaires de Liège – SH, 2012.
- 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 ; disponible à cette adresse : <http://www.ec-aiss.it/>, mis en ligne le 10/09/07, 2007, 20 p.
- Maria Giulia Dondero « L'iconographie des fluides entre science et art », *Le sens de la métamorphose*, Colas-Blaise & Beyaert-Geslin dirs, Limoges, Pulim, 2009a, pp. 255-275.
- Maria Giulia Dondero, « La stratification temporelle dans l'image scientifique », *Protée* vol 37, n° 3, « Regards croisés sur les images scientifiques », Allamel-Raffin dir., 2009b, pp. 33-44.
- Maria Giulia Dondero « L'indicialité de l'image scientifique : de la constitution de l'objet à sa manipulation », *Visible* n° 6, Dondero & Moutat dirs, Limoges, Pulim, 2010, pp. 91-108.
- Jacques Fontanille, *Pratiques sémiotiques*, Paris, P.U.F., 2008.

Maria Giulia DONDERO

Jean-Marie Floch, *Sémiotique, marketing et communication. Sous les signes, les stratégies*, Paris, P.U.F., 1990.

Jean-Marie Floch, *Identités visuelles*, Paris, P.U.F., 1995.

Bruno Latour, « The Netz-Works of Greek Deductions – A Review of Reviel Netz's The Shaping of Deductions in Greek Mathematics », *Social Studies of Science*, n°3, Vol. 38, 2008, pp. 441-459, disponible sur : <http://www.bruno-latour.fr/articles/article/104-NETZ-SSofS.pdf>

Jean-Pierre Luminet, « Image of a Spherical Black Hole with Thin Accretion Disk », *Astronomy and Astrophysics* n° 75, 1979, pp. 228-235.

Jean-Pierre Luminet, *Le destin de l'univers. Trous noirs et énergie sombre*, Fayard, 2006.

Jean-Pierre Luminet, « Science, Art and Geometrical Imagination », conférence invitée au IAU Symposium 260 "The Role of Astronomy in Society and Culture", UNESCO, 19-23 Janvier 2009, Paris, à paraître dans les actes du colloque, disponible à l'adresse :

<http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0911/0911.0267.pdf>

Valeria Giardino & Mario Piazza, *Senza parole. Ragionare con le immagini*, Milan, Bompiani, 2008.

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

Charles Sanders Peirce, (1906) « Prolegomena to an Apology for Pragmatism », *Collected Papers*, 1931-35, 4.530-572.

Charles Sanders Peirce, (1885) « On the Algebra of Logic : a contribution to a Philosophy of Notation », *American Journal of Mathematics*, vol. 7, n° 2, pp. 180-202 ; *Collected Papers*, 1931-35, 3.359-403.

Charles Sanders Peirce, *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, 8 vol., numérotés en chiffres arabes, Hartshore, Weiss, Burks dirs., Cambridge, Harvard University Press, 1931-35.

Frederik Stjernfelt, *Diagrammatology. An Investigation on the Borderlines of Phenomenology, Ontology, and Semiotics*, series Synthesis Library vol. 336, Springer Netherlands, 2007.

Biographie

Maria Giulia DONDERO est chercheuse qualifiée du Fonds National de la Recherche Scientifique (F.R.S.-F.N.R.S.) à l'Université de Liège où elle poursuit des recherches en sémiotique visuelle. Elle a dirigé une dizaine de numéros spéciaux de revues et est l'auteure d'une cinquantaine d'articles en langue française, italienne et anglaise publiés dans des revues de sémiotique, communication et esthétique. Elle a récemment publié *Sémiotique de la photographie* (en collaboration avec P. Basso Fossali) (Limoges, 2011) et *Le sacré dans l'image photographique. Études sémiotiques* (Paris, 2009). Elle est co-fondatrice et coordinatrice générale de la revue de sémiotique *Signata Annales des sémiotiques/Annals of Semiotics* et co-directrice de la collection de sémiotique *Sigilla* (Presses Universitaires de Liège –SH).

L'image scientifique comme lieu de travail

Francis EDELINÉ

Groupe μ (Université de Liège)

Résumé : Il ne faut pas oublier qu'avant de revêtir sa forme définitive et d'être imprimée dans un rapport ou dans une publication, l'image scientifique a été le lieu d'une élaboration complexe, qui fait partie intégrante des procédures de la découverte scientifique. Partant des données expérimentales brutes, elle met en œuvre, par tâtonnements le plus souvent, diverses stratégies visant à faire apparaître de façon probante des faits significatifs immergés dans ces données. On peut même considérer que c'est justement cette élaboration qui confère aux données une signification, et ce avant qu'aucun texte n'ait été écrit. Seul le dernier état de ces tâtonnements est livré au public.

Abstract: One must never forget that before taking its final form, and being printed in a report or a scientific journal, the scientific graph has been the object of a complex elaboration, which is an integral part of the scientific discovery processes. Starting from the raw experimental data, it deploys, mostly by trial and error, sundry strategies in order to render apparent, in a conclusive way, some significant facts immersed in these data. One may even consider that it is through that very elaboration that the data acquire a meaning, and this before any text has been written. Only the last stage of the trials is released to the public.

Je compte aborder l'image scientifique en me prévalant de ma carrière de chercheur, c'est-à-dire en partant d'un point de vue différent de celui qui découvre ces images toutes faites, au détour d'une revue ou d'un livre, ou en assistant à une conférence. Pour celui-ci l'image est un objet comme un autre, qu'on peut collectionner, décortiquer, classer, évaluer. Au contraire il s'agira ici de l'examiner *in statu nascendi*, en détaillant certaines des procédures utilisées pour la construire, et en les situant sur le plan épistémologique, à partir notamment des idées de Piaget et de Fisher.

Je m'adresserai particulièrement aux *images construites par points*, par un scientifique, dans un espace de travail choisi librement, par opposition aux *images-sources*, qui constituent un matériel d'origine expérimentale pouvant être

retraité, simulé et modélisé en conservant son espace d'origine. Les images-sources ont fait l'objet déjà de maintes études approfondies (Allamel-Raffin, 2006).

1. Le schéma piagétien

L'image scientifique est un maillon essentiel de la plupart des démarches cognitives d'aujourd'hui. Si on considère celles-ci comme une mise en rapport de la sphère mentale avec le monde naturel, c'est-à-dire comme l'établissement d'un rapport symbolique avec ce dernier, on peut utilement leur appliquer le schéma piagétien *assimilation / accommodation*.

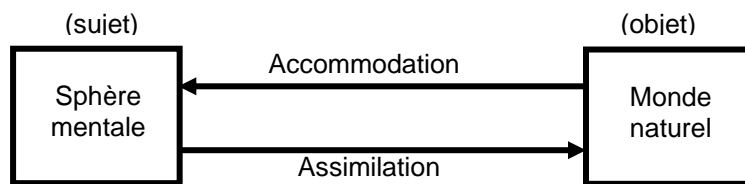


Fig. 1a : Le schéma piagétien

La fig.1a rappelle que les modèles mentaux que nous formons de la réalité ne sont jamais parfaits mais sont les moments temporaires d'une suite infinie de mouvements alternés : par l'*assimilation* nos modèles proposent une vision schématisée et hypothétique du monde naturel, mais si l'écart entre les deux est trop grand, si la déformation est exagérée, les données issues du monde naturel vont nous contraindre à *accommoder* notre modèle. C'est bien ces processus que désignent les expressions familières : « approximations successives » ou « trial and error ».

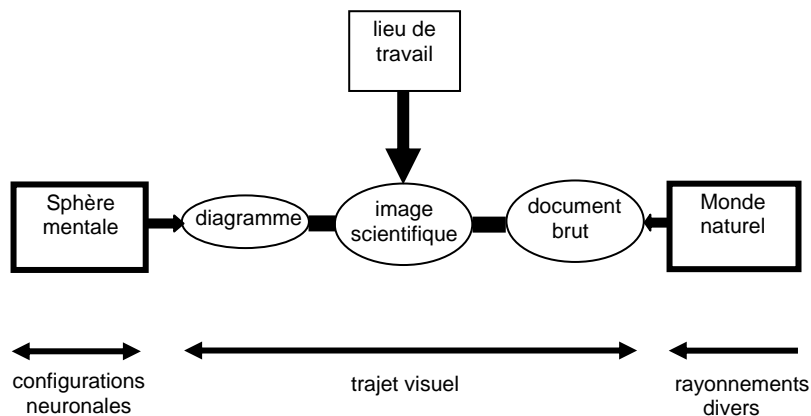


Fig.1b : Place de l'image scientifique

On peut alors préciser ce double mouvement à l'aide de la fig.1b, valable pour les cas (très nombreux) où une partie du processus cognitif fait intervenir la vision. Dans ce schéma le *diagramme conceptuel* (par exemple fig.2), qui schématise un raisonnement interprétatif, fait clairement partie du mouvement d'assimilation. Il est situé au plus près de la sphère mentale. Par contre le *document brut* (par ex. fig.3, un tableau de chiffres ou une image enregistrée¹) est ce qui va déclencher une accommodation. De tels documents sont certes issus de la sensation, mais il ne faut pas oublier que la perception qui les regroupe est *déjà* influencée par les structures logico-mathématiques : c'est en effet celles-ci qui conditionnent notre manière de concevoir nos expériences. Le document brut dépend déjà de la façon dont la question a été posée, ce qui fait écrire à Vorobeïtchik (1969) : « Les lois que découvre le savant ne sont pas des lois *intrinsèques* de la nature, mais des lois qui dépendent de la manière dont le savant *interroge* la nature. »

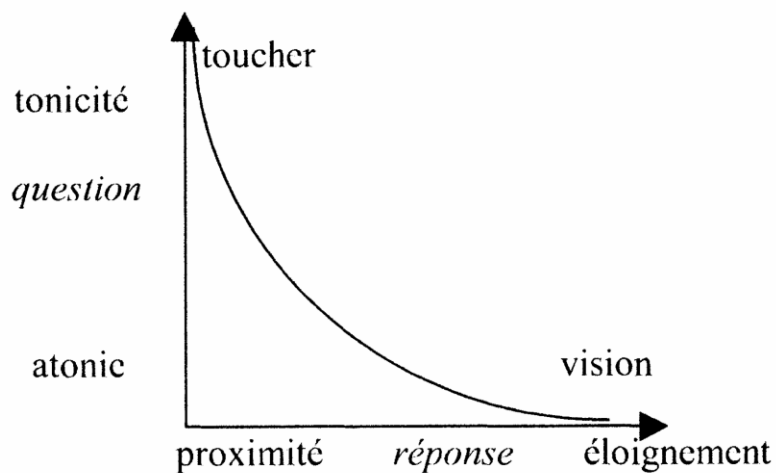


Fig. 2 : Un exemple de diagramme conceptuel (Claude Zilberberg)

¹ ... mais l'un se ramène à l'autre, cf. Edeline, 2008.

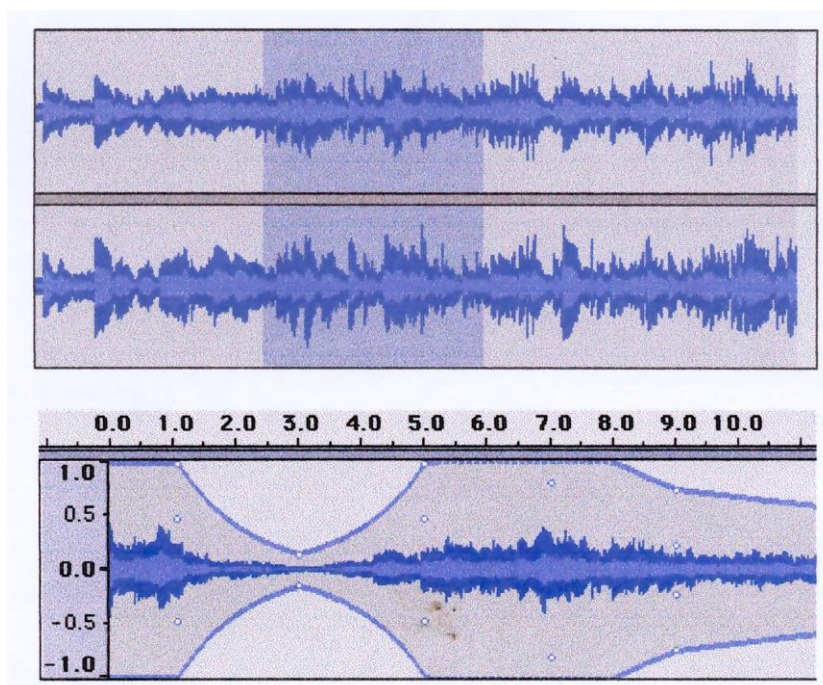


Fig. 3 : Un exemple de documents bruts : enregistrements sonores et leurs courbes enveloppes

Par ailleurs les organes des sens sont autant de filtres qui, tout en les simplifiant, mettent déjà en forme les stimuli reçus du monde extérieur. Comme l'écrit Cléro (2000 : 29) reprenant les thèses bien connues de Goodman (1976) : « Les mythes de l'*œil innocent* et du *donné absolu* sont de fieffés complices. » Le document brut n'est brut que dans la mesure où il est situé au plus près du monde naturel. Il existe donc des modèles *inscrits* dans notre système nerveux périphérique, et il est intéressant de comparer le mécanisme de mutation-sélection, par lequel s'enregistra cette inscription, avec le schéma piagétien d'assimilation-accommodation. Le second est une démarche consciente et délibérée, alors que le premier est un processus aveugle. Néanmoins ils comportent tous deux deux étapes, et conduisent tous deux à une adaptation toujours meilleure.

Le contact entre les deux sources et leur mise en conformité (espérée) sous la forme d'un modèle s'opère dans un troisième lieu, un lieu de travail qui n'est autre que le type d'*image scientifique* ici envisagé. Il ne s'agit pas encore de l'image précise, claire et convaincante, qui terminera sa vie dans un article ou dans un traité, mais de l'ensemble des tâtonnements, des essais manqués, des erreurs de tout genre, des hypothèses abandonnées, de tous les brouillons et épures qui témoignent visuellement du travail de mise en

conformité. Bref, c'est l'image scientifique en train de se faire, et la démarcation entre les trois types de documents n'est pas toujours parfaitement nette.

Il s'agit d'un travail sur des signes, qui s'effectue à l'interface entre le monde mental et le monde naturel, et qui de ce fait constitue un des lieux où se joue l'équilibrage interminable, parce que toujours remis en cause, entre assimilation et accommodation. Il consiste en actions *sur des symboles* selon un processus parallèle à celui que Piaget décrit *sur des objets*. La coordination des actions sur le réel, qui selon Piaget est seule génératrice de connaissance, permet le passage de la perception à la notion. Le fait que nous puissions agir aussi sur des symboles consacre l'intérêt, souvent vital, des systèmes sémiotiques. On reviendra sur ce point en 5. C'est l'ensemble de cette démarche que vise C. Allamel-Raffin (2006) lorsqu'elle écrit que les images « ne sont ni des données brutes de l'expérience, ni de simples fictions, elles permettent un type de médiation particulier avec le réel, » et c'est l'analyse de cette médiation qui constitue le sujet du présent travail.

Car que fait-on exactement dans cet atelier ? Typiquement l'image comporte un *espace* et des *points*.

2. L'espace

Pour un mathématicien, un espace est un ensemble structuré de points. Suivant la structure en question on peut définir de nombreux types d'espaces, et la fig.4 donne un aperçu de leur variété. Ce sont des espaces conceptuels et il importe de bien les distinguer des espaces perceptifs. Notre champ visuel par exemple est un espace perceptif dont Piaget (à la suite des expérimentateurs de la Gestalt) a bien souligné qu'il était irrégulier dans les marges et ne pouvait être considéré comme euclidien, car le modèle euclidien conceptuel est isotrope alors que l'espace perceptif ne l'est pas. Il en va de même pour l'espace sonore, ainsi que pour les intuitions spatiales qui accompagnent le rêve, les rapports d'idées, les couleurs... Cléro (2000) estime d'ailleurs que l'espace n'est pas un cadre vide (kantien) dont on disposerait *a priori*. Au contraire pour lui chaque perception engendre, *hic et nunc*, son propre espace. Ceci est certainement exact, mais n'empêche pas que nous disposions par ailleurs d'autres espaces, conceptuels et vides ceux-là, parmi lesquels nous pouvons choisir librement pour construire une image scientifique : dans ces cas il ne s'agit plus de perception mais d'intellection.

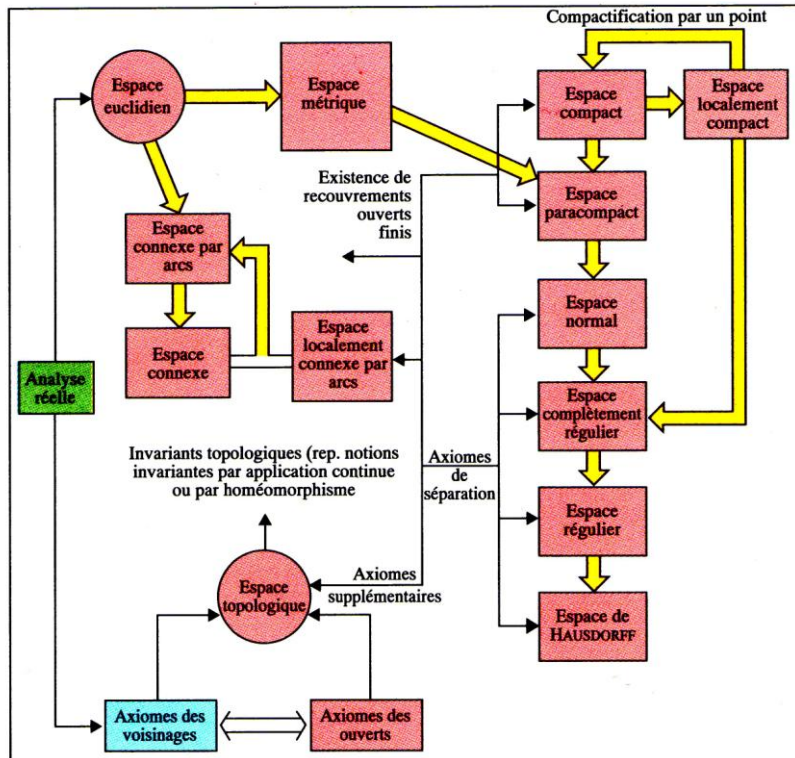


Fig. 4 : Les divers espaces mathématiques sont isotopes; les deux plus utilisés sont cerclés. Schéma extrait de *Atlas des Mathématiques*, Fritz Reinhardt et Heinrich Soeder, La Pochothèque, Livre de Poche, 1997.

Techniquement, les plus utilisés parmi ces espaces sont, outre le familier diagramme cartésien orthogonal, le semi-logarithmique, le bi-logarithmique, le triangulaire, le gaussien, le log-gaussien, le Rosin-Rammler, le *Frosch und Vogel*, etc. Ils sont souvent proposés dans le commerce sous la forme de papiers gradués.

3. Le point expérimental

Ensuite il faut introduire et préciser la notion de *point expérimental*, qui constitue le matériau de base de tout le travail d'élaboration². Le point expérimental est un ensemble de nombres représentant chacun la valeur numérique d'une variable différente, mais correspondant tous à une entité

² Cette analyse concerne les images construites par points ou séries de points, et ne s'applique pas, par exemple, à une photographie d'organe, de plante, ou de corps céleste. Ces dernières sont des images-sources.

déterminée ou à un même processus³. Ces points sont disposés par nous dans un espace de travail, qui n'a rien à voir avec l'espace physique du monde naturel dont ils sont extraits, et dont on a parlé plus haut.

En théorie il s'agit bien de points (une grandeur physique ne peut avoir plusieurs valeurs à la fois), mais en pratique nous ne pouvons *jamais* déterminer leur emplacement exact. Ce que nous mesurons peut bien être représenté par un point dans un espace, mais le point réel ne coïncide pas nécessairement avec lui. Tout au plus peut-on calculer, autour de notre point hypothétique, une zone dans laquelle le point réel a des chances de se trouver. Il y a à cela deux raisons. La première est instrumentale et tient à la précision de nos appareils de mesure et de nos méthodes d'analyse. Il est possible d'évaluer cette erreur de mesure, que les progrès des appareils font sans cesse diminuer, mais il est évidemment impossible de l'annuler. La seconde tient aux facteurs du milieu, nombreux et non identifiés, qui n'ont donc pu être contrôlés. Ils ont pu varier à notre insu et exercer une influence perturbatrice. Dans une représentation à 2D, reprenant deux variables sur lesquelles nous faisons une erreur différente, les points deviennent des ellipses, appelées *ellipses de dispersion*, dont la taille reflète la probabilité estimée de la présence du point en leur sein (fig.5).

Si d'autre part on travaille à l'échelle subatomique, une autre limitation apparaît : le processus de mesure altère le processus mesuré d'une façon qui cesse d'être négligeable. Il s'agit d'une limite physique infranchissable, exprimée numériquement dans la célèbre relation d'incertitude d'Heisenberg. A cette échelle, un corpuscule ne peut plus être décrit que comme un nuage de probabilité, ce qui a entraîné une crise du concept de réalité. L'interaction sujet/objet commence donc déjà bien en amont de la perception.

Soit à présent un espace de travail dans lequel nous avons réuni plusieurs points expérimentaux ayant trait à la même entité ou au même processus. On admet que de tels groupes de points expérimentaux peuvent valablement être considérés globalement : ce ne sont pas des semis de points indépendants mais ils forment des ensembles dont il est possible de déterminer la structure. En d'autres termes ils possèdent une *identité collective*, garantie par leur identité de provenance.

³ Par exemple la température et la pression d'un gaz dans une chaudière, ou la vitesse et la position d'un projectile sur sa trajectoire.

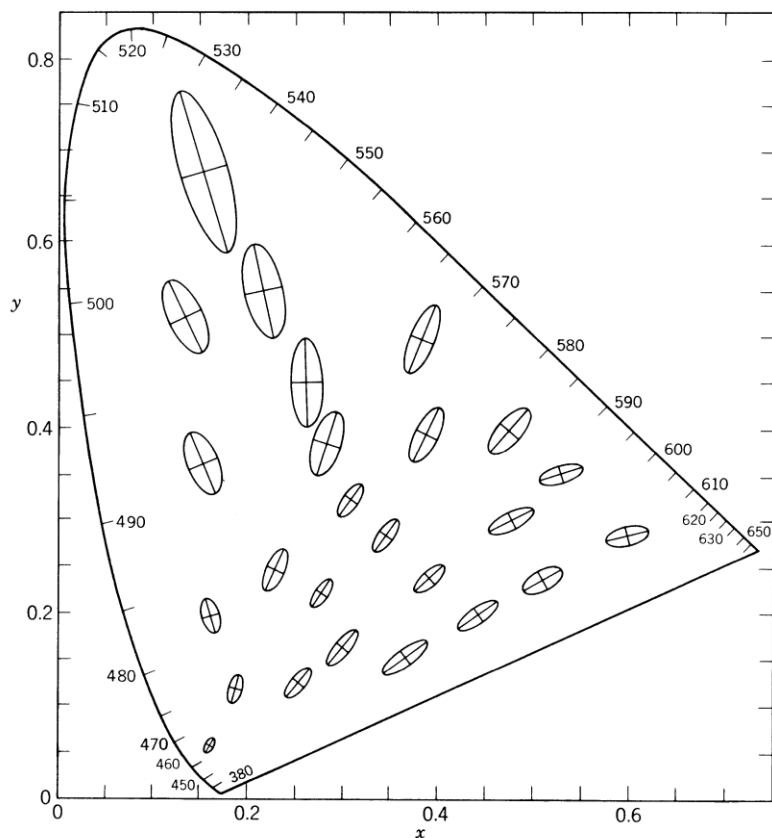


Fig. 5 : Les ellipses de MacAdam. Pouvoir de discrimination des couleurs (à luminance égale) selon deux dimensions : saturation et teinte

4. L'inférence statistique, le hasard et les modèles

Au centre du travail d'élaboration, on trouve invariablement deux procédures : l'*analyse statistique* et l'*inférence logique*. C'est le grand statisticien Sir Ronald Fisher qui en 1935 a établi solidement cette thèse. Il s'agissait en fait d'axiomatiser et de formaliser les manipulations à appliquer aux données brutes pour en extraire une information significative. On pourrait même préférer dire que l'information ne préexiste pas dans les données : elle ne prend ce nom, cette forme et cette fonction que dans l'acte même du traitement, voire déjà lors de la collecte. D'autre part, il ne s'agit que d'une face du processus cognitif, car l'élaboration de modèles interprétatifs fait appel à des facultés mentales encore différentes, et sur lesquelles on sait peu de choses.

L'image scientifique comme lieu de travail

Mais revenons à Fisher et à sa méthodologie. Elle présuppose que l'on souscrive à quelques axiomes qui sont, n'hésitons pas à le souligner, de l'ordre du credo, de l'acte de foi :

- le monde continuera comme par le passé ;
- il est licite de remonter des effets aux causes ;
- bâtir une hypothèse générale à partir d'une observation particulière (inférence inductive) ne procure aucune certitude, mais c'est le seul processus par lequel un savoir nouveau peut être acquis⁴.

On notera que par ce dernier point Fisher annonce les thèses de Karl Popper, et décrit un mécanisme semblable à celui que Peirce appelait *abduction*. Quant aux deux premiers points, ils impliquent une adhésion totale au déterminisme. La thèse de Fisher revient à affirmer que la position d'un point expérimental dans un espace est entièrement déterminée par des facteurs qu'on ne pourra certes jamais repérer tous, mais néanmoins réels.

Soit donc un ensemble de points expérimentaux que nous disposons dans un espace choisi : ils forment ce qu'on a coutume d'appeler « un nuage ». Cependant, la forme de cet ensemble de points dans notre espace de travail ne correspond pas à une forme semblable dans le monde réel. Il a seulement une forme (espérée) au sens mathématique. Nous procédons ainsi à une spatialisation de cette forme, et plus précisément à sa visualisation. La première hypothèse est de supposer que ce nuage possède une *identité collective* et qu'une *loi* en unit les points. Cette loi est conçue dans la sphère mentale et formulée par une équation mathématique. En tant qu'équation, elle est un pur être mathématique abstrait, qui n'a nul besoin d'une matérialisation physique. Certains mathématiciens d'ailleurs, dont Bourbaki, sont hostiles aux représentations graphiques d'équations, qu'ils estiment trompeuses et étrangères à la nature même des êtres mathématiques. Néanmoins dans notre cas, la représentation graphique est universellement adoptée, et portée sur le même espace que le nuage de points. *C'est donc sous le régime visuel que s'opèrent la rencontre et la confrontation du réel avec le mental.*

L'équation choisie est supposée exprimer la loi qui unit les points : elle en constitue le *modèle*. Sous sa forme générale la plus complète, elle comporte :

- une variable dépendante : y
- des variables indépendantes identifiées : x_1, x_2, \dots, x_n ,
- des paramètres : p_1, p_2, \dots, p_r ,
- un terme aléatoire : ε

$$\text{soit: } y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n, p_1, p_2, \dots, p_r) + \varepsilon$$

Théoriquement, si on pouvait identifier toutes les variables x_i et connaître la valeur exacte de tous les paramètres p_i , ε serait = 0 et il n'y aurait pas d'ellipse de dispersion. De façon générale, plus n est grand, plus ε est petit. Si ε est élevé par rapport à $f(x, p)$ il peut en venir à noyer l'information utile. En théorie du

⁴ "Inductive inference is the only process... by which new knowledge comes into the world."

signal, on mesure cet effet par le rapport signal/bruit. La signification du terme ε vaut d'être discutée. Si un point expérimental occupe une position déterminée dans l'espace de représentation choisi, ce n'est pas par hasard, c'est par l'effet conjoint de m facteurs. Parmi ces m facteurs⁵, la loi supposée (hypothétique) en a explicité $n < m$, et les écarts entre valeurs calculées et valeurs observées sont le fait des facteurs non identifiés. On les traite globalement à l'aide du concept de *hasard*. Ils sont supposés résulter de causes multiples, indépendantes et relativement mineures. Cela ne signifie donc pas qu'elles n'existent pas, mais seulement qu'on les ignore. L'idée répandue selon laquelle elles ont tendance à se compenser est naïve et mythique. Le hasard n'est pas une sorte de force de la nature⁶, un principe autonome et fatal, c'est le nom que nous donnons à l'ignorance des causes. Le terme ε , qui en regroupe les effets, doit être considéré comme un *résidu d'intelligibilité*.

Tout bon chercheur sait qu'il a intérêt à analyser la *structure de l'erreur*⁷ : cela lui permet souvent de repérer une variable jusque là négligée et par là de réduire encore ε .

5. Le transit par le visuel et ses conséquences sémiotiques

Dans la pratique scientifique humaine usuelle, on constate que la plupart des informations transitent par le canal visuel, quelle que soit leur nature dans le monde naturel, et nonobstant le fait que la connaissance ultime, au niveau neuronal, est parfaitement amodale⁸. Donc le terminus de la démarche cognitive n'est pas une image, l'image n'est qu'un état intermédiaire. Le visuel est, chez l'homme, le canal le plus développé, tant en capacité (10^7 bits/sec, soit sept fois plus que le canal auditif) qu'en modalités perceptives (sensibilité, acuité, couleur, mouvement, formes...). Le chien, qui perçoit 1000 fois mieux les odeurs que nous mais voit beaucoup moins bien, doit catégoriser son univers différemment. De même les insectes, dont les antennes perçoivent et discriminent les substances volatiles à l'échelle de la molécule... Plus généralement, on ne peut accepter l'idée que nos modalités sensorielles, ensemble, épuisent tous les modes de manifestation du réel. Il suffit de penser à ce que serait notre science si nous avions dû la construire uniquement à partir de l'ouïe...

⁵ Le célèbre rasoir d'Ockham ou principe de parcimonie conseille de ne pas faire intervenir plus de facteurs *que nécessaire*, il n'implique nullement que le monde est simple (cf. Hoffman, 1997). Ne pas s'y conformer mène à *surparamétriser*.

⁶ ... quoi qu'en pense Norbert Wiener (1962 : 10) qui le considère « comme une partie de la trame et de la nature de la Nature. »

⁷ Cela consiste à vérifier que ε ne manifeste aucune corrélation avec un facteur connu et mesurable.

⁸ Cette observation met à mal la prétention du linguistique à l'emporter par son pouvoir sur tout autre système, supposé réductible à lui. Barthes, qui n'en doutait aucunement, avait pris cette certitude chez Hjelmslev (1968 :138) : « en pratique, une langue est une sémiotique dans laquelle toutes les autres sémiotiques peuvent être traduites, aussi bien toutes les autres langues que toutes les structures sémiotiques concevables. »

Le travail d'élaboration constitutif de l'image scientifique s'effectue donc sur des symboles. Bien des auteurs se sont émerveillés de la fécondité de cette méthode consistant à raisonner et à faire des opérations sur des signes (parmi les chimistes : Joachim Schummer, 1996 et Ursula Klein, 2001). Schummer propose pour ce travail l'expression «interprétation analogique», qui repose sur l'hypothèse d'une correspondance univoque entre le référent et son signe. A une transformation graphique (donc symbolique) du signe d'une molécule correspondrait potentiellement une transformation équivalente de cette molécule. Bien entendu à condition d'observer certaines règles d'interprétation, donc aussi de transformation.

Il n'y a sans doute pas lieu de s'extasier à cet égard sur le code de la chimie car bien d'autres systèmes jouissent de propriétés semblables : le plan d'architecte, la partition musicale... Ce qu'il faut au contraire expliciter, c'est le statut sémiotique de tous ces concepts :

(a) Le transit par le visuel offre des avantages substantiels (Edeline, 2007; Klinkenberg, 2009). Il y est possible de recourir à la fois, dans le même énoncé, à des codes *digitaux* (lettres, mots, symboles spéciaux...) et à des codes *analogiques* bénéficiant de la bidimensionnalité des supports pour présenter richement les relations entre entités, dans un espace continu et débarrassé de ce quadrillage en colonnes et rangées qui alourdit tellement la présentation en tableau de chiffres. C'est pourquoi sans aucun doute ces systèmes, sans exception, sont tous *hybrides*⁹. L'aspect digital des symboles est économique en espace : les symboles Mg ou \mathcal{J} représentent des entités complexes dont la description précise exigerait beaucoup de place. Cette possibilité offerte par l'usage des symboles a été appelée *compactification* (Alunni, 2004) et n'est en somme qu'une des versions du processus de *regroupement* de l'information (Groupe μ , en préparation). L'aspect analogique par contre excelle à noter les relations, du fait de la transposition homéomorphe existant entre le designatum et son signe. Je préfère cette formulation en langage topologique à l'habituel recours au concept d'iconisme (à moins d'étendre considérablement l'acception de ce terme ! v.(b) ci-après). Schummer estime que s'il est possible de réaliser des «opérations dans le monde des signes» c'est parce que « le signe est modifiable ». Cette affirmation est inexacte car seule la partie iconique du code est modifiable : Mg et \mathcal{J} restent inaltérables. L'évolution a mené tous ces codes à un équilibre parfaitement optimal entre leurs composantes analogique et digitale¹⁰.

(b) La grande caractéristique des codes est la règle du renvoi entre le signe et la chose signifiée, règle qu'on formule souvent par *aliquid stat pro aliquo*. Cette formulation ne fait malheureusement que « mapper » un ensemble sur un autre, de façon statique, c.à.d. sans tenir compte des

⁹ ou *mixtes*, si on suit C. Allamel-Raffin (2006), mais la nuance entre ces deux termes doit être creusée...

¹⁰ La longue évolution au cours de laquelle cette optimisation s'est construite est décrite, pour la chimie, dans Edeline, 2010.

relations que peuvent présenter entre eux les éléments de l'ensemble de départ. L'insuffisance de cette description a été bien aperçue dans le domaine linguistique, où la théorie du mot-étiquette a été abandonnée. Greimas est sans doute celui qui a le mieux démontré l'existence simultanée, dans une même unité lexicale, de sèmes nucléaires et de sèmes contextuels ou classèmes. Il y a donc lieu d'introduire une seconde règle, pour le renvoi des relations : *aliquorum relatio stat pro aliquorum relatione*¹¹. Dans le cas d'un codage visuel non digital (en particulier : non linguistique) cette règle prend tout naturellement la forme d'un iconisme. Chaque règle de transformation engendre un type particulier d'iconisme (Edeline, 2009).

(c) Dans sa discussion des avantages des diagrammes en mathématiques et en physique, Saint-Ours (2004:36) estime qu'*ils rendent sensible* ce qu'une équation *ne fait que suggérer*. Il reste cependant à expliquer pourquoi le sensible, malgré sa fausseté inhérente, serait plus probant que l'abstrait. Le fait est cependant étayé par de nombreuses déclarations de savants, telles que « Presque toute ma réflexion mathématique se fait visuellement et en termes de concepts non verbaux (R. Penrose, 1989). » Il est possible d'avancer l'explication suivante à la puissance probatoire du visuel par rapport à la formulation abstraite. Dans l'élaboration de l'image scientifique, le terme est considéré comme atteint lorsque deux formes coïncident¹² (fig. 6) : on dit qu'il y a *ajustement*. L'une de ces formes est celle que prennent les points expérimentaux dans l'espace de travail, l'autre est celle du tracé qui visualise un modèle mathématique abstrait dans ce même espace. Ce qui joue à ce moment est une application du principe d'identité. La forme « appartient » à l'objet (Edeline, 2007). Deux formes « raisonnablement » identiques concernent donc un objet unique, d'où nous acceptons que le modèle mathématique non seulement représente valablement l'objet ou le processus naturel, mais en quelque sorte fait partie de lui.

¹¹ Formulation latine suggérée par J.-M. Klinkenberg, communication personnelle.

¹² La coïncidence n'est jamais parfaite mais nous poursuivons les efforts de mise en correspondance jusqu'à parvenir à une proposition acceptable, assortie de réserves probabilistes.

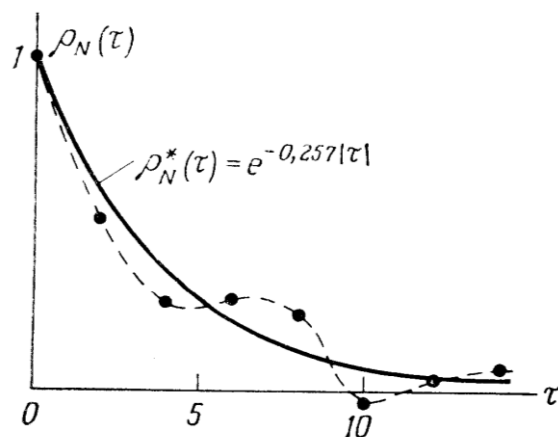


Fig. 17.8.3

Fig. 6 : La courbe en trait plein est « ajustée » aux 8 points expérimentaux, son équation (son modèle) est une exponentielle décroissante de paramètre 0,257. Il aurait été possible de trouver une courbe passant exactement par les 8 points, mais elle aurait comporté 8 paramètres au lieu d'un seul.

(d) Enfin, dernière importante remarque, le travail sur les signes, constitutif de l'image scientifique, fonctionne aussi bien dans le sens anasémiotique que catasémiotique. Dans la première fonction il aide à dégager la structure d'un modèle possible : c'est un outil de cognition. Dans l'autre il permet des « expériences de pensée », qui à leur tour suggèrent des expériences réelles à entreprendre.

6. L'ontologie réaliste

Le dernier point épistémologique à examiner est la question de savoir si ce que nous appelons l'information préexiste dans le réel - auquel cas nous ne faisons que la « découvrir » - ou si au contraire elle est intégralement issue du cerveau connaissant - et dans ce cas nous l'« imposons » au réel. Des traités entiers, pour ou contre une ontologie réaliste, ont été rédigés, aussi ne puis-je que traiter cursivement ce problème.

L'exigence méthodologique de Cléro (2000), qui consiste à refuser de se donner aucun concept ou aucune catégorie qui ne soit construite, permet d'éliminer beaucoup d'*a priori*s de type kantien, qui sont autant de dogmes. Le concept d'espace en est un bel exemple : pour Cléro, l'espace ne préexiste pas à la perception des objets, mais est construit en même temps que leur perception. L'idéal serait d'appliquer strictement et intégralement cette méthode pour tout le travail de la pensée, mais le peut-on ?

Lors de l'élaboration des données empiriques brutes dans l'image scientifique, on a vu qu'un important travail symbolique est réalisé, dans le but d'essayer de mettre en correspondance des schèmes mentaux avec les données expérimentales examinées¹³. Le schème tel que le concevait Kant, et reconnu par lui comme « mystère insondable », ne remplit pas l'exigence. Les schèmes d'action selon Piaget semblent mieux y répondre car ils consistent en simples aptitudes à manipuler les objets tout en les regardant, les écoutant, les soupesant, et mémorisant l'ensemble de ces perceptions. Le problème n'est cependant que déplacé, car il reste à expliquer d'où proviennent ces aptitudes. Sont-elles innées ou acquises, et alors comment ? Or l'école de Piaget, tout en se montrant réservée, voire hostile, quant à l'existence de structures innées, ne se prononce pas sur la capacité du cerveau à forger et/ou à héberger de façon durable des structures qui sont si efficaces pour assurer notre prise sur les choses. Elle ne se prononce pas vraiment non plus sur cette efficacité : est-elle posée seulement comme possible et susceptible d'être améliorée par le jeu des accommodations, ou au contraire est-elle, par hypothèse ou par principe, envisagée comme totale et parfaite ?

Piaget raisonne en fait comme si ces structures d'ensemble étaient comme déposées d'avance dans les potentialités du cerveau, mais devaient être réajustées sur le donné sensoriel par ce qu'il appelle des accommodations. On se trouve donc, une fois encore, en face d'un *a priori*, inné. On peut cependant se faire une idée plus précise de la nature de cet *a priori* en examinant attentivement le texte (Piaget, [1956], 1970:85-88) : tout repose sur des compositions d'actions, permettant des « généralisations constructives ». Cette aptitude, dont il faut bien accepter qu'elle soit innée, est donc la *faculté de mise en rapport*.

D'autres auteurs, dans d'autres contextes (p. ex. l'ethnographie chez Claude Calame, 1983), ont eux aussi débouché sur la constatation de l'existence, universelle semble-t-il, d'une telle faculté. Est-il impossible de la naturaliser à son tour ? Pour y parvenir nous aurons à faire un détour par Derrida, ou plus précisément par l'analyse serrée que fait Christopher Norris de sa *Mythologie blanche* (2008).

Derrida conteste la position du linguiste Benveniste (poussée jusqu'à l'absurde chez Sapir & Whorf) selon laquelle les outils intellectuels dont nous disposons, i.e. les catégories que nous formons, découlent intégralement de la langue que nous parlons. Derrida relève qu'il s'agit d'une confusion, dans le chef de Benveniste, entre les catégories particulières et l'aptitude à former des catégories, qu'il appelle *catégorialité*. Cette dernière est la précondition pour opérer un jugement quel qu'il soit. La catégorialité étant la faculté de comparer des entités et de les rassembler selon des caractères déterminés, nous retrouvons bien là la faculté de mise en rapport requise par l'approche de Piaget.

¹³ C'est à nouveau Cléro (2003:13) qui nous fournira la synthèse la plus claire de la position kantienne : « un concept n'a de valeur que s'il est un traitement de l'expérience (...) il n'est pas question de préconiser un fonctionnement vide du concept. Il n'a de sens qu'en se saisissant du donné (...) »

Le dernier maillon de notre argumentation, dont l'illation aura été bien complexe et délicate à établir, consistera à réduire la catégorialité à la structure de la connaissance (visuelle) élémentaire, laquelle, rappelons-le (Edeline, 1991 ; Groupe μ , 1998) fournit simultanément des entités et des rapports entre ces entités, soit l'essence même de la catégorie, grâce au mécanisme permettant la détection des *qualités TRANSlocales*. En effet, qui dit translocal implique la comparaison de zones voisines, la certitude que le monde est un et qu'il peut exister des rapports entre zones voisines. Créer une catégorie, c'est à la fois grouper des éléments sur la base de caractères communs et entériner leur différence par rapport à tous les autres éléments, d'où la formule *Qui unit divise*. On retombe ainsi sur la détection des dipôles et la boucle se referme : ce mécanisme est inscrit dans la structure de nos organes sensoriels, il est inné, mais son maintien témoigne de sa valeur de survie, donc aussi de son adéquation au monde (autre formulation de la théorie de la résonance mentionnée par Chazal, 1997) tout en expliquant la surprenante efficacité des mathématiques à décrire le monde (efficacité que Wigner, 1960, dans un texte célèbre, trouvait « exagérée »). Notre aptitude à former des catégories répond ainsi au fait que le monde est catégorisable.

En fin de compte, et contrairement aux affirmations de Piaget, l'origine sensorielle, non seulement des connaissances mais des mécanismes de la pensée, se trouve démontrée.

7. L'anti-réalisme textualiste

Il règne actuellement un assez puissant courant philosophique anti-réaliste, forme extrême prise par l'empirisme anglo-saxon. Cette thèse est défendue notamment par Rorty, Putnam et d'autres (pour une étude détaillée de cette tendance, v. Norris, 2008). La question peut se reformuler ainsi : les lois du monde sont-elles commensurables à notre esprit ? Ou encore : la science peut-elle tenir un discours adéquat au réel ? Si ce n'était pas le cas, tout le travail dont il a été question plus haut serait vain. Estimer qu'un modèle rationnel du monde est possible, ou au contraire à jamais irréalisable, est une option métaphysique. Pour le progrès de la science, il suffit d'admettre la thèse popperienne selon laquelle les modèles sont perfectibles.

Dans ce contexte, il n'est pas possible d'éviter de prendre position quant à la sociologie de la connaissance dans sa variante constructiviste. Celle-ci a pour avocat le plus véhément, en terre francophone, Bruno Latour. Sa position vis-à-vis des modèles est des plus radicales : « Toute préférence pour un type déterminé d'interprétation n'est basée ni sur sa valeur cognitive, ni sur des caractères pragmatiques issus du système représenté, mais résulte de la compétition sociale entre groupes de scientifiques tâchant d'imposer aux autres leur mode d'interprétation. » (Latour et Woolgar, 1986)

On ne niera pas, bien entendu, l'existence de facteurs affectifs et sociaux, motivations qui lancent le chercheur scientifique dans un travail obstiné de collecte de données expérimentales, puis d'élaboration de celles-ci. Le chercheur en fait relève un défi, celui de réduire le déficit d'intelligibilité, écart moteur de l'entreprise, face à des données qui résistent à l'interprétation. Un univers

incompréhensible est angoissant, et le travail scientifique n'est pas autre chose qu'une tentative pour dissoudre cette angoisse. Mais il est clair que les facteurs psychologiques en viennent toujours, tôt ou tard, à céder devant l'afflux des données, ou mieux sous ce qu'Einstein appelait « la pression irrésistible des faits ».

Or, pour les anti-réalistes, toute représentation est une « horreur méthodologique » (Zeidler, 2000). Latour précise même que notre maîtrise épistémique du monde se limite à celle de l'espace graphématique bidimensionnel des inscriptions : la feuille de papier ou le tableau noir sur lequel nous gribouillons un schéma ou une formule. Quant aux conventions pour noter la tridimensionnalité, elles sont explicitement associées à une « anomie perceptuelle et épistémique » (Francoeur, 2000).

Je suis évidemment en total désaccord avec ces idées, et partage le point de vue de Christopher Norris, qui n'hésite pas à parler à ce sujet d'une « mystification textualiste » (Norris, 2008) dont le point d'aboutissement est cette formule qui se veut définitive : « Il n'y a que des textes ! », en déniaut à ceux-ci tout rapport pertinent avec le monde naturel.

Bibliographie

Catherine Allamel-Raffin, "La complexité des images scientifiques (ce que la sémiotique nous apprend sur l'objectivité scientifique)" *communication et langues*.n°149, 2006, p. 97-111.

Claude Calame, "Le processus symbolique" *Documents de Travail et pré-publications (Urbino)*.n°128-129 D, 1983, p. 1-34.

Gérard Chazal, *Formes, figures, réalité*. Seyssel (France), Champ Vallon, 1997,

Jean-Pierre Cléro, *Théorie de la perception - De l'espace à l'émotion*. Paris, PUF, 2000,

Alexis de Saint-Ours, "Les sourires de l'être" *penser par le diagramme*. Etudes réunies par Noëlle Batt, Saint-Denis, Presses Universitaires de Vincennes, 2004, p. 29-53.

Francis Edeline, "Sur la connaissance visuelle" *TLE (Théorie, Littérature, Enseignement)*.n°9, 1991, p. 97-112.

Francis Edeline, « L'emprise spatiale des symboles dans les images scientifiques », Conférence ANR, Liège 2007 (non publ.)

Francis Edeline, "Des expériences visuelles aux énoncés linguistiques" *Nouveaux Actes Sémiotiques (Limoges, Internet)*.2008, p. 8.

Francis Edeline, "Métaphorose - Métamorphose" *Le sens de la métamorphose*. Etudes réunies par Marion Colas-Blaise & Anne Beyaert-Geslin, Limoges, PULIM, 2009, p. 63-81.

Francis Edeline, "Les fonctions sémiotique et heuristique des symboles chimiques. De l'icône au symbole et retour" *Protée*.37, n°3, 2010, p. 45-56.

Eric Francoeur, "Beyond dematerialization and inscription.- Does the materiality of molecular models really matter?" *HYLE*.6 n°1, 2000, p. 63-84.

Nelson Goodman, *Languages of Art, An Approach to a Theory of Symbols*. USA, Hackett Publ. Comp., 1976,

- Groupe μ , "Voir, percevoir, concevoir. Du sensoriel au catégoriel" *VOIR*.16, 1998, p. 28-39.
- Louis Hjelmslev, *Prolégomènes à une théorie du langage*. Paris, Minuit, 1968,
- Roald Hoffmann, Vladimir I. Minkin & Barry K. Carpenter, "Ockham's Razor and Chemistry" *HYLE*.3, 1997, p. 3-28.
- Ursula Klein, "Berzelian formulas as paper tools in early nineteenth-century chemistry" *Foundations of Chemistry*.3, 2001, p. 7-32.
- Jean-Marie Klinkenberg, "A quoi servent les schémas? Tabularité et vectorialité" *Protée*.2009,
- Bruno Latour, S Woolgar, *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton, Princeton University Press, 1986,
- Christopher Norris, *Metaphor, Ontology, and Scientific Truth: Against some dogmas of the new anti-realism*. WEB, Documents Norris, 2008,
- Jean Piaget, *Psychologie et épistémologie*. Paris, Denoël Gonthier, 1970,
- Joachim Schummer, "Zur Semiotik der chemischen Zeichensprache : Die Repräsentation dynamischer Verhältnisse mit statischen Mitteln" *Die Sprache der Chemie*. Études réunies par P Janich & N Psarros, Würzburg, Königshausen & Neumann, 1996, p. 113-126.
- J. Vorobeitchik, "De la réalité physique et du réel" *Revue MBLE*.12, n°1, 1969, p. 1-12.
- Norbert Wiener, *Cybernétique et société - l'usage humain des êtres humains*. Paris, 10/18, 1962.
- Eugene P. Wigner, "The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences" *Communications on Pure and Applied Mathematics*.13, 1960, p. 1-14.
- Pawel Zeidler, "The Epistemological Status of Theoretical Models of Molecular Structure" *HYLE*.6 n°1, 2000, p. 17-34.

Biographie

Né en 1930. Ingénieur chimiste. Carrière de chercheur dans un laboratoire. Engagé dans des travaux sur la poétique (particulièrement visuelle et sonore) et le symbolisme. En 1964, membre fondateur du Groupe μ , avec lequel il a publié notamment: *Rhétorique Générale* (1970), *Rhétorique de la Poésie* (1977), *Traité du Signe Visuel* (1991), ainsi que de nombreux articles. Se consacre avec le groupe à des recherches de rhétorique puis de sémiotique. Plus de 200 publications personnelles. A organisé des spectacles, des expositions et des émissions radio sur ces divers sujets. Aime parcourir l'Ecosse à pied et cueillir des champignons.

Vers une classification diagrammatique

Valeria GIARDINO

Institut Jean Nicod (EHESS-ENS-CNRS), Paris

Résumé : Dans cet article, je présente et discute la possibilité d'élaborer une classification diagrammatique. Cette classification se révèle utile lorsqu'il s'agit d'explorer dans le détail le domaine du raisonnement par diagrammes. Les diagrammes seront classés par rapport à leur utilisation qui peut être *statique* ou *dynamique*, ainsi que par rapport à la correspondance entre la structure de leur espace et la structure de l'espace des données qu'ils représentent. La base de cette recherche n'est pas guidée par l'opposition visuel/non-visuel, mais par la considération de l'interaction continue entre diagrammes et langage. Le raisonnement par diagrammes est caractérisé par une dualité, parce qu'il réfère à un objet, le diagramme, qui a ses propres caractéristiques, et à un sujet, l'utilisateur, qui interprète le diagramme. Une place particulière au sein de la classification sera conférée aux diagrammes constructifs, qui fournissent à l'utilisateur les instructions relatives à la manière dont certaines procédures peuvent être appliquées.

Abstract: In this article I present and discuss some criteria to provide a diagrammatic classification. Such a classification is of use for exploring in detail the domain of diagrammatic reasoning. Diagrams can be classified in terms of the use we make of them - *static* or *dynamic* - and of the correspondence between their space and the space of the data they are intended to represent. The investigation is not guided by the opposition visual vs. non visual, but by the idea that there is a continuous interaction between diagrams and language. Diagrammatic reasoning is characterized by a duality, since it refers both to an object, the diagram, which has its spatial characteristics, and to a subject, the user, who interprets them. A particular place in the classification is occupied by constructional diagrams, which exhibit for the user instructions for the application of some procedures.

1. Introduction

Beaucoup d'articles consacrés au thème des images commencent par souligner le fait que nous sommes entourés tous les jours et partout par celles-ci: nous trouvons des photographies dans les journaux, des graphiques

dans les revues scientifiques, des indications visuelles dans le métro, des icônes au supermarché ou même sur la petite machine à café qui se trouve sur notre lieu de travail. Le sentiment que nous pouvons éprouver en raison de cette présence en tous lieux des images est d'être submergés par elles, sans qu'il y ait des critères généraux permettant d'établir des distinctions entre différents types ou différentes fonctions des images. Pour cette raison, il paraît nécessaire de proposer un cadre d'analyse général pour les images et leurs utilisations très hétérogènes.

Si nous restreignons notre attention aux images utilisées dans les sciences, nous rencontrons encore des difficultés lorsqu'il s'agit de définir avec précision quelle image est scientifique : existe-t-il des caractéristiques communes à toutes les images scientifiques ? En fait, l'étiquette « image scientifique » peut bien être appliquée aux schémas, aux graphiques, aux microphotographies, et plus généralement aux images qui sont publiées dans les revues en vue de diffuser des résultats scientifiques, ainsi qu'aux images utilisées dans le laboratoire pour la recherche et la communication entre scientifiques. Y-a-t-il donc des conditions nécessaires et suffisantes permettant de décider *en principe* qu'une certaine image est une image scientifique ? Est-il possible de considérer une image en tant qu'image scientifique en dehors d'un contexte théorique et/ou historique particulier ? Entre parenthèses, à certains égards, ce type de questions s'apparente aux questions qui peuvent se poser sur les critères nécessaires et suffisants pour distinguer une image artistique de celles qui ne le sont pas : on se situe dans un de ces champs de recherche où les sciences et les arts semblent se rapprocher les unes des autres.

Il faut donc revenir à la question d'une définition claire et en même temps pas trop générale de ce qu'il est légitime d'appeler « image scientifique ». Si on se renseigne dans la littérature, on trouve qu'il n'existe de consensus, ni sur ce qui rend les images scientifiques différentes du langage, ni sur les raisons qui expliquent l'avantage que confère leur utilisation par rapport à celle du langage dans certains contextes. A l'ensemble des images scientifiques appartiennent sans doute les diagrammes, les graphiques et toutes les différentes formes d'expression et de communication utilisées dans le laboratoire ainsi que dans la diffusion des résultats parmi les scientifiques et auprès du grand public. Pourtant, il n'existe pas non plus de méthodologie clairement définie pour étudier ces visualisations. En effet, une étude portant sur les diagrammes et sur les images présente de difficultés parce qu'elle se situe à la rencontre de différentes théories ; d'un côté, on a besoin d'une théorie relative à la capacité des images à transmettre de l'information, et de l'autre, on cherche à développer une théorie de l'interprétation des signes et des propriétés du langage. Toutefois, dans les deux cas, on ne peut pas définir une image scientifique sans tenir compte du rôle qu'elle joue dans notre système général des connaissances.

Après avoir pris acte du fait que nous sommes submergés par un flot d'images, les articles standards prenant ces dernières pour thème d'investigation mentionnent pour la plupart la célèbre - et plutôt galvaudée - maxime chinoise selon laquelle « *une image vaut dix mille paroles* ». Cette maxime exprime une idée de sens commun, mais celle-ci est potentiellement trompeuse, car les images et les mots ne sont pas des systèmes de représentation interchangeable. Il convient plutôt de les voir comme utilisés de façon complémentaire en fonction du contexte et de la tâche qu'on leur assigne. Il n'y a ni raison, ni preuve autorisant à affirmer que la pensée humaine exploite dans chaque situation cognitive un seul canal ou une seule modalité : au contraire, il est évident qu'elle active constamment des systèmes de représentation hétérogènes qui interagissent entre eux, et qui peuvent être visuels, spatiaux, linguistiques, ainsi que visuels/spatiaux ou linguistiques/spatiaux. En fait, les systèmes sont si entrecroisés que l'opposition visuel d'un côté, linguistique de l'autre perd tout intérêt.

Une autre conséquence est que si ces systèmes sont complémentaires, alors il n'est pas vrai que les images sont en un certain sens plus « directes » que le langage. Selon les positions théoriques adoptées par certains auteurs, la compréhension des images est plus immédiate parce que ces dernières transmettraient l'information directement à travers la vision, sans nécessiter de règles intermédiaires qu'il faudrait au préalable apprendre. Mais cette intuition est fautive : en fait, voir une image n'est pas suffisant pour lui conférer une signification, parce que le « voir » qui nous intéresse est plutôt le résultat d'un parcours culturel complexe, à certains égards très similaire à celui de la lecture.

Dans cet article, je présenterai les lignes générales pour la classification diagrammatique que je propose. Je qualifie cette classification de « diagrammatique », parce que, comme je le montrerai, elle est pensée comme un cadre général valant pour les diagrammes et en même temps, elle est elle-même présentée sous la forme d'un diagramme. Pour ce qui concerne mon choix de parler de diagrammes plutôt que d'images, je considère l'étiquette « diagramme » comme la plus générale : un diagramme est une figure bidimensionnelle, la bi-dimensionnalité jouant un rôle spécifique dans la transmission de l'information. Je discuterai de la manière dont l'espace et la configuration spatiale importent dans la compréhension et l'utilisation d'un diagramme.

2. Le cas des figures et diagrammes en mathématique

Avant d'introduire ma classification, je vais présenter d'abord l'utilisation de diagrammes et des figures en mathématiques en particulier. Je soutiens que le cas des mathématiques montre bien la complexité de l'emploi de ces instruments visuels. Je discuterai ensuite, en adoptant une perspective plus générale, des avantages qu'offre le raisonnement par diagrammes et images dans le cadre du discours scientifique.

Malgré la présence massive des diagrammes et des figures en mathématiques, la philosophie des mathématiques du siècle passé s'est plutôt consacrée à l'évaluation et à l'étude de l'apport du langage formel dans ce domaine des sciences. Il y a bien sûr des raisons historiques permettant de comprendre le choix de cette approche, mais je ne développerai pas ce point ici. Je dirai simplement que l'attitude consistant à ne pas s'occuper du raisonnement diagrammatique en mathématiques est une attitude erronée qui ne rend pas compte des aspects plus dynamiques, et d'une certaine façon plus intéressants car plus créatifs, des mathématiques. La considération des manières dont les mathématiciens font référence très souvent aux schémas et aux visualisations est cruciale pour l'épistémologie des mathématiques et pour déterminer ce qu'on peut appeler la pratique - ou les pratiques - des mathématiques.

Ma thèse principale est que le format dans lequel une certaine information est représentée détermine le type de raisonnement qui sera effectué sur cette information là, à travers une manipulation de la représentation en question. En d'autres termes, il existe une connexion fondamentale entre la représentation de l'information et la résolution du problème. Avant d'aller plus loin, je débiterai par une clarification de mon usage du terme « représentation ». Je me sers de cette étiquette d'une façon très large : « représentation », dans ce contexte, signifie tout simplement « signe sur la page qui possède une signification ». En ce sens, une formule linéaire ou un diagramme sont des représentations. Ce lien entre format de l'information et type de raisonnement effectué dans la recherche et la résolution du problème n'est pas un attribut distinctif des diagrammes utilisés dans les mathématiques, mais concerne aussi d'autres catégories de diagrammes, comme je le montrerai en introduisant la classification que je propose.

Deux aspects fondamentaux caractérisent les diagrammes et les figures et leur permettent de transmettre des informations. Tout d'abord, les diagrammes exploitent les principes de la perception classique des objets tels que les *Gestalts*, ainsi que leurs interactions possibles. En d'autres termes, quand on perçoit un diagramme, on capte certaines relations spatiales et topologiques entre ses différents éléments.

Considérons par exemple Fig.1.

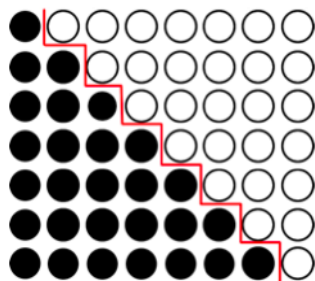


Fig.1

Vers une classification diagrammatique

Dans cette figure, le sujet perçoit une série de cercles de différentes couleurs - blancs et noirs - et reconnaît qu'ils sont configurés dans un carré. De surcroît, une moitié de ce carré est remplie par les cercles noirs, et l'autre moitié par les cercles blancs. Il y a une ligne qui divise les deux moitiés.

Considérons maintenant la Fig.2.

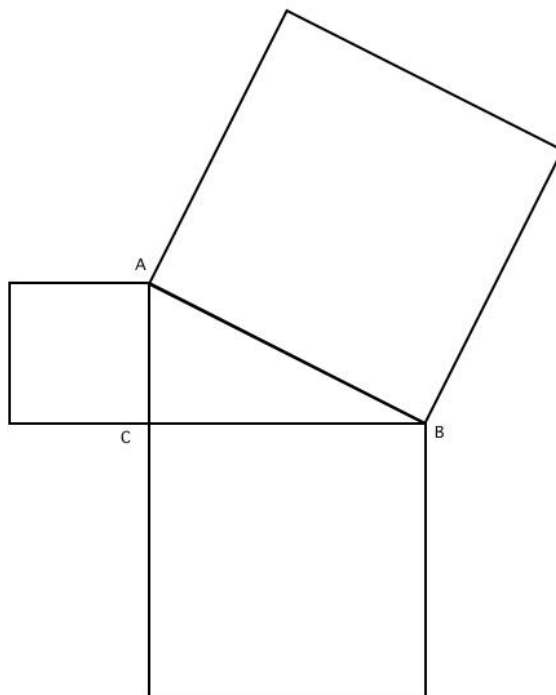


Fig.2

Dans ce cas, le sujet perçoit certaines relations spatiales, mais cette fois, les relations pertinentes sont continues plutôt que discrètes. La figure contient bien sûr ce que le sujet reconnaît comme étant un triangle et trois carrés, mais il faut aussi remarquer que ces trois carrés ont chacun un côté en commun avec le triangle. Dans la figure, certaines lettres - A, B, et C - apparaissent également, et elles sont placées à des endroits spécifiques, juste à côté des sommets du triangle.

A ce niveau là, si on veut utiliser une étiquette afin de définir de quelle façon cette figure transmet cette information au sujet, on peut dire que la figure est une *icône* : elle montre certaines relations spatiales et une configuration spatiale spécifique que le sujet est capable de capter et de reconnaître. Mais cela ne suffit pas pour expliquer comment la figure est utilisée dans le raisonnement mathématique en vue d'arriver à une conclusion à partir des prémisses initiales. En fait, la détection des propriétés spatiales de

la figure doit être intégrée à la considération d'un contexte de référence que le sujet présuppose, plus ou moins consciemment.

Considérons encore une fois nos exemples. La Fig.1 représente une des démonstrations visuelles du théorème de la somme des premières nombres naturels, qui selon le théorème correspond à

$$\frac{n(n+1)}{2}$$

La Fig.2 représente les éléments qui figurent reliés les uns aux autres dans le célèbre théorème de Pythagore. Ce type de connaissance ne dépend pas - ou, à vrai dire, ne dépend *pas seulement* - des relations spatiales captées, mais exige la familiarité du sujet avec un ensemble de concepts qui sont nécessaires pour la compréhension correcte de la figure. A ce niveau donc, le diagramme est interprété et devient ainsi un *symbole*. La figure n'est pas simplement un véhicule d'information spatiale, elle transmet aussi une information conceptuelle.

Par conséquent, à partir de ces exemples simples, je propose qu'on considère que les diagrammes en général sont assujettis à deux types de contraintes. A un premier niveau, ils sont des icônes, c'est-à-dire qu'ils présentent certaines caractéristiques spatiales, et donc ils possèdent des *contraintes perceptives* ; à un deuxième niveau, ils sont des symboles, c'est-à-dire qu'ils évoquent la connaissance d'un contexte de référence pour leur lecture correcte, et donc ils possèdent des *contraintes conceptuelles*. Je ne veux pas soutenir que ces deux niveaux sont clairement distincts ; au contraire, les deux niveaux sont en interaction continue : le sujet voit des relations spatiales et les interprète ainsi qu'il peut donner des nouvelles interprétations et par conséquent « voir » une nouvelle configuration dans la figure.

Pour résumer, mon intention était ici de montrer comment dans les mathématiques, les diagrammes ne sont pas simplement « vus » par le sujet. Il faut bien comprendre que le sens de « voir » ici correspond à une activité cognitive complexe qui n'est pas directe, mais passe par deux niveaux de contraintes. Le sujet doit sélectionner d'abord les relations spatiales pertinentes, puis le cadre conceptuel approprié pour la tâche. Les diagrammes et les figures en mathématiques révèlent leurs multiples caractéristiques : d'un côté, on a la représentation visuelle et spatiale, c'est-à-dire l'*objet diagramme* ; de l'autre, on trouve le *sujet* qui utilise cette représentation et qui doit être au courant de ces contraintes perceptives et interprétatives. Tout cela se fait jour dans le cadre de la *tâche particulière* pour laquelle la figure est ou a été conçue.

Pour l'instant, je ne vais pas discuter de manière plus approfondie ces trois aspects que je viens de présenter - diagramme, sujet utilisateur, tâche. On les retrouvera cependant dans la classification que je proposerai dans la suite de l'article. Dans la prochaine section, je vais en revanche continuer mon parcours d'introduction à l'utilisation des diagrammes : je sortirai cette

fois du contexte spécifique des mathématiques, et je montrerai ce qui se passe avec les diagrammes et les images quand on considère leurs usages dans le domaine plus général des sciences et du traitement de l'information.

3. Les diagrammes comme externalisations non linguistiques

Je soutiens que le choix d'utiliser un diagramme comporte généralement des avantages. Les hypothèses que je prends en considération pour arriver à ces conclusions sont les suivantes.

Tout d'abord, on trouve que dans certaines tâches, les diagrammes sont plus avantageux que les représentations linguistiques. Considérons par exemple le cas des nombreuses représentations spatiales non-linguistiques qui sont couramment utilisées pour afficher des variables qui ne sont pas spatiales à l'origine. Par exemple, on a des « arbres » qui peuvent décrire des relations de parenté, ou des « hiérarchies » qui montrent des relations de dépendance, des « graphiques » qui peuvent signaler le changement d'une certaine variable par rapport au temps, et finalement des « icônes » qui donnent des instructions ou des indications sur les manières dont il faut se comporter. Admettons que tous ces types d'information puissent être donnés à travers le langage naturel, et imaginons qu'on décide d'utiliser la « traduction linguistique » de ce que ces diagrammes expriment. L'intuition est que le choix d'éliminer la configuration spatiale va représenter un manque à gagner dans la recherche ainsi que dans l'extraction, et même dans la compréhension, de l'information que nous intéresse.

De surcroît, les diagrammes représentent également un avantage cognitif par rapport à la référence au calcul mental, précisément parce que les diagrammes sont des outils extra-mentaux qui permettent d'alléger la charge cognitive exigée de la mémoire de travail. Plusieurs études soutiennent que certains problèmes cognitifs sont résolus plus rapidement, plus facilement et de manière plus fiable, quand la recherche de l'information pertinente et les actions menées sur elles ne sont pas seulement effectuées mentalement, mais prennent également appui sur des objets extérieurs (Larkin et Simon, 1995). Considérons par exemples les avantages résultant de l'emploi des cartes, comme aussi des tableaux, des listes ou des images schématiques contenues dans les manuels scientifiques.

Pour préciser ce point : les diagrammes, comme je l'ai déjà souligné au début de cet article, ne sont pas à penser du tout en opposition aux représentations linguistiques. De la même façon, ils ne sont non plus en opposition avec les représentations mentales. Au contraire, la recherche sur les diagrammes est par nature interdisciplinaire. D'abord, ils demandent une théorie sur la communication humaine. On a trois éléments dont il faut considérer le rapport : les diagrammes extérieurs, le sujet qui les utilise, et en fin la tâche et le contexte de résolution de problème concerné à chaque fois. En plus, quel est le rapport entre ces trois éléments et le langage naturel ? Ensuite, les diagrammes concernent également une théorie du fonctionnement de la mémoire et du raisonnement, ainsi que du calcul mental et de

l'organisation de l'information. Une étude consacrée aux diagrammes peut apporter une contribution à l'étude relative aux représentations internes en jeu quand on raisonne « spatialement ». Enfin, les diagrammes présentent également un intérêt pour une théorie sur l'art (Goodman, 1968). En effet, ils sont des représentations externes, mais ils ne sont pas des images picturales ou du moins, ils ne sont pas conçus comme tels. Quelles sont les différences et les analogies que l'on peut établir entre diagrammes et images picturales?

Si tout ce qui précède est vrai, alors on peut bien penser que les diagrammes constituent un domaine de recherche potentiellement capable de mettre en communication ces trois différentes théories qui représentent trois volets différents et cruciaux de notre cognition.

4. Les raisons et les variables de la classification

Le but de cet article est de proposer une classification diagrammatique. Vu les éléments que j'ai introduit jusqu'ici dans mon argumentation, l'idée est qu'une classification peut représenter une première étape utile ou même nécessaire pour étudier ce type de représentations. Je soutiens que cette classification présente deux avantages.

D'abord, elle reflète le contexte de référence complexe que je viens de mettre en relief et qui va au-delà de la dichotomie langage d'un côté, vision de l'autre. Cette dichotomie est en réalité trompeuse car les représentations ne sont jamais totalement linguistiques ou totalement visuelles. Comme on l'a vu dans le cas des figures et des diagrammes en mathématiques, ce qui compte pour être capable d'utiliser une figure ou un diagramme n'est pas le fait que cette figure ou ce diagramme soit visuel. Il importe plutôt de connaître les contraintes auxquelles cette figure ou ce diagramme est assujéti. Ces contraintes ne sont pas seulement perceptives, mais également interprétatives/symboliques.

La classification que je propose reflète par ailleurs le passage d'une approche « structurelle » des diagrammes à une approche qui est plutôt liée au traitement des données et de l'information. En fait, la classification est conçue pour répondre à la seule question pertinente sur les diagrammes, qui n'est pas « Qu'est-ce qu'est un diagramme? », mais plutôt : « Comment peut-on utiliser un diagramme? ». Pour parler de raisonnement diagrammatique, il faut aussi considérer le troisième aspect que j'ai souligné dans le cas des mathématiques, c'est-à-dire la tâche particulière pour laquelle le diagramme est constitué et proposé à l'appréhension du sujet.

Dans la classification, j'ai choisi de me concentrer sur une distinction simple entre deux types d'utilisation possible des diagrammes. Ces types d'utilisations se trouvent sur l'axe vertical de la classification, comme montré dans la Fig.3.

Vers une classification diagrammatique

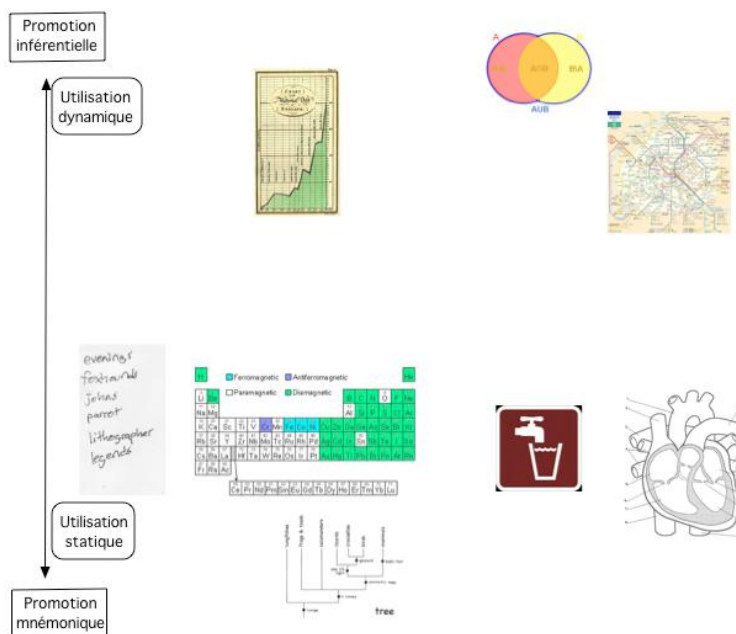


Fig.3

L'hypothèse à l'origine de la définition de cet axe vertical est que les diagrammes peuvent être utilisés de deux manières: une utilisation *statique* - en bas - et une utilisation *dynamique* - en haut. L'utilisation statique vise à transmettre et à obtenir des données à partir du diagramme, et pour cette raison, elle a comme but de promouvoir la mémoire. Cette caractéristique de certains diagrammes exprime le fait que la disposition spatiale est pertinente pour l'extraction et le stockage de l'information : dans l'utilisation statique, l'utilisateur « lit » l'objet diagramme, et cet objet active sa mémoire. A l'autre extrémité, l'utilisation dynamique vise à tester et à confirmer une hypothèse et à encourager la production d'inférences, et pour cette raison elle a comme but une promotion inférentielle ; dans l'utilisation dynamique, le sujet utilise l'information contenue dans l'objet diagramme comme prémisses pour dériver de nouvelles conclusions. Ce deuxième processus est plus dynamique que le précédent parce que normalement, dans ce cas, le sujet est « invité » à modifier l'objet diagramme à travers des actions qui peuvent être *pragmatiques* ou *épistémiques*. Suivant la définition de Kirsh et Maglio, une action pragmatique est une action dont la fonction est de conduire l'agent vers son objectif physique (Kirsh et Maglio, 1994). Par exemple toutes les actions qui sont effectuées dans l'espace physique ou social pour parvenir à un certain but sont des actions pragmatiques. Mais les sujets effectuent aussi des actions épistémiques, qui sont des actions physiques dont la fonction est d'améliorer la cognition. Cela peut revêtir trois formes : en réduisant la

charge de la mémoire du travail, c'est-à-dire la complexité spatiale ; en réduisant le nombre de pas impliqué par la computation mentale, c'est-à-dire la complexité temporelle ; ou finalement en réduisant la probabilité d'erreur, c'est-à-dire la faillibilité. L'exemple utilisé par les deux chercheurs est le jeu vidéo *Tetris*, mais cette distinction peut s'appliquer aussi au cas des diagrammes en général, étant donné que ceux-ci peuvent également être manipulés et modifiés en vue de trouver la solution de la tâche pour laquelle ils ont été créés.

Je reviendrai par la suite sur cet aspect de manipulation des diagrammes. Pour l'instant, je continue avec la classification et je vais considérer l'axe horizontal, qui on voit dans la Fig.4.

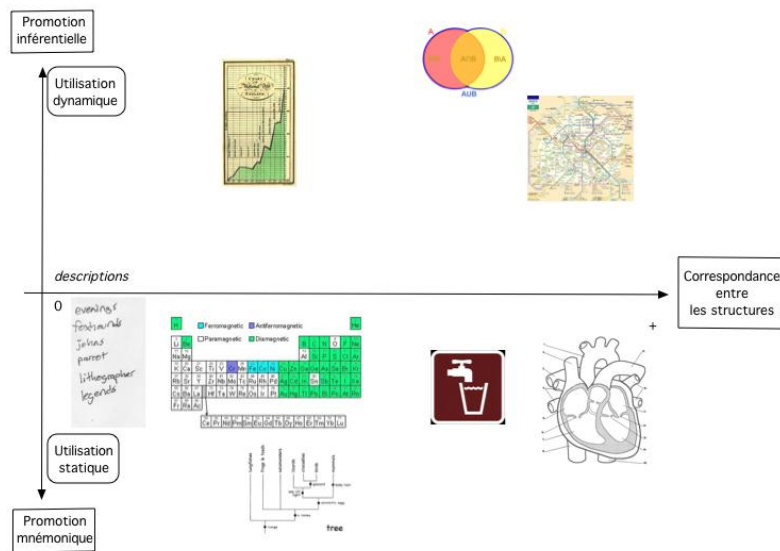


Fig.4

Sur l'axe horizontal se trouve la correspondance entre la structure du diagramme, ou plus généralement la représentation externe, et la structure des données à représenter. Cette dimension est un *continuum* entre les cas où cette correspondance est absente, comme dans les descriptions linguistiques, où la relation entre structure de la représentation et structure des données est arbitraire, et ceux où cette relation est manifeste et se rapproche de l'isomorphisme, comme c'est le cas avec les images scientifiques. Entre ces deux cas extrêmes, on trouve toute une série de diagrammes et d'images pour lesquelles ce rapport est modulé différemment, et il existe une correspondance plus ou moins grande entre la structure de la représentation et la structure des données.

Pour fournir des exemples concrets, dans la partie inférieure de la classification - donc, parmi les diagrammes qui sont utilisés comment aide

pour la mémoire - on trouve les listes, les tableaux, les arbres, les icônes et les images schématiques. Ces diagrammes sont caractérisés par une correspondance de plus en plus grande entre les deux structures. Dans la partie supérieure de la classification - donc, parmi les diagrammes qui sont utilisés comment auxiliaire inférentiel - on trouve les graphiques, les cercles de Venn et les cartes.

Il faut souligner deux aspects de cette classification. D'abord, je considère que il y a des représentations qui peuvent être utilisées d'une façon statique aussi bien que d'une façon dynamique. Cela dépend de la tâche particulière à réaliser. Examinons par exemple le cas des cartes. Le sujet peut bien utiliser une carte pour se souvenir et mémoriser l'emplacement d'un certain endroit et ses relations avec les zones environnantes. Je dirai qu'il utilise donc la carte d'une façon statique. A l'inverse, si le sujet cherche un parcours et veut trouver comment arriver d'un endroit à un autre, alors il doit d'une certaine façon « manipuler » la carte, l'orienter dans la direction appropriée, former des inférences par rapport aux distances à parcourir ou aux transports à utiliser.

Deuxièmement, je répète que les diagrammes dans la classification diffèrent des images entendues au sens large. En fait, la classification ne comprend pas des objets strictement picturaux, mais de vrais artefacts qui ont été conçus pour assister la mémoire et pour promouvoir les inférences. Par conséquent, le sujet peut bien donner aussi un jugement esthétique par rapport à certains de ces diagrammes, mais s'il le fait, il ne va pas reconnaître la fonction intrinsèque de ces diagrammes : reproduire et organiser une certaine information.

5. Les diagrammes « constructifs »

Considérons maintenant dans le détail la seconde fonction des diagrammes selon la classification. Cette fonction que j'ai appelé « promotion inférentielle » est plutôt remplie par les représentations utilisées de façon dynamique.

Je formule ici plusieurs hypothèses. La première hypothèse est que les diagrammes qui promeuvent les inférences sont compris seulement lorsqu'ils sont correctement manipulés. C'est-à-dire que le sujet montre qu'il connaît l'utilisation de l'artefact en question seulement quand il montre qu'il est capable de le manipuler correctement. De cette façon, les diagrammes sont très similaires à d'autres outils. Leur fonction - celle pour laquelle ils ont été créés - est d'être utilisés, et pour les utiliser, il faut savoir comment ils fonctionnent et quelles actions il faut accomplir sur eux afin de les faire fonctionner.

La deuxième hypothèse est qu'il n'est pas vrai que les diagrammes dévoilent l'information instantanément comme certaines études semblent le suggérer, en disant que l'information est simplement et directement extraite d'un diagramme au travers d'une sorte de « coup d'œil ». Par contre, les diagrammes de ce type répondent aux règles de construction, et ils sont construits étape par étape. Conséquemment, le contenu de ces diagrammes

est déterminé par les instructions qu'ils fournissent au sujet pour organiser l'espace du problème. Pour cette raison, je définis ces diagrammes comme étant *constructifs*. Les diagrammes constructifs occupent une portion de la classification plus ou moins au centre de l'axe horizontal, et surtout dans l'espace en haut de l'axe vertical, comme montré dans la Fig.5.

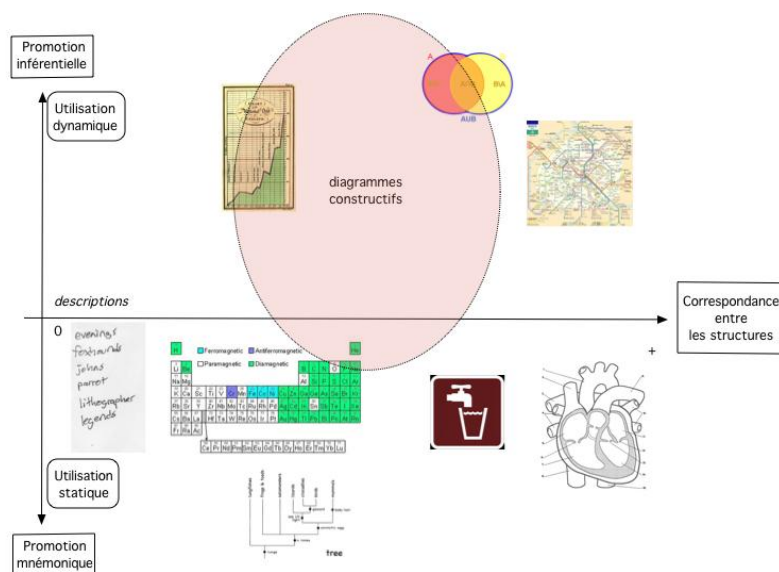


Fig.5

Avant de proposer des exemples de diagrammes constructifs, je vais clarifier ce que « diagramme constructif » signifie.

Le terme m'a été suggéré par l'expression de Maynard, « dessins constructifs » (en anglais, « *constructional drawings* »), qui fait référence au travail de Booker sur les dessins en ingénierie (Maynard, 2005; Booker, 1963). L'expression « dessin constructif » renvoie à un certain type de dessins qui n'ont pas été vraiment pris en compte dans les études les plus récentes portant sur les images. En effet, selon Booker, les études sur les dessins se sont occupées plutôt des dessins marqués sur le papier ou sur la toile, et ils ont presque totalement ignoré ce qu'aujourd'hui, on appelle « dessins détaillés » (« *detail drawings* »), c'est-à-dire des dessins réalisés directement sur la pierre ou sur le bois, et non sur le papier.

Le personnage au centre de la Fig.6 illustre l'activité de création d'un tel dessin constructif. L'illustration est extraite du *Recueil des Planches* de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert (du premier volume, « Architecture, Maçonnerie »). Ce type de dessin présente un intérêt pour ma classification parce qu'ils ne sont pas des dessins picturaux - *depictive*, en anglais - mais

Vers une classification diagrammatique

sont donnés plutôt en tant qu'outils pour *calculer* et *mesurer*, et donc comme outils cognitifs. Ils peuvent - et dans une certaine mesure, ils doivent - être modifiés, reconsidérés, pré-planifiés. Leurs formes doivent être comprises comme des *opérations* qui ne sont pas visibles dans le produit final : c'est parce que le sujet est capable de reproduire, de dessiner ces dessins tout comme il doit aussi être capable de comprendre le résultat à quoi ces dessins font référence.

Sur ce point, Ferguson a soutenu que jusqu'à la deuxième moitié du XX^e siècle, l'enseignement des dessins techniques dans les écoles d'ingénierie passait par l'enseignement des techniques permettant de tracer ces dessins. En fait, la compréhension de la nature des matériaux et des machines reposait sur l'expérience dans le laboratoire. Comme suggéré par l'auteur, la formation de Filippo Brunelleschi, de Francesco di Giorgio, et de Léonard de Vinci incluait l'apprentissage de la préparation et de l'utilisation des matériaux requis pour dessiner, peindre, sculpter la pierre et le métal. Leur connaissance était basée sur les observations sensorielles et ils étaient guidés par des maîtres qui montraient aux élèves l'objet de la recherche. (Ferguson 1992, p. 153).



Fig.6. Gravure extraite de l'*Encyclopédie de Diderot et d'Alembert* (18^e siècle).

Revenons donc aux diagrammes constructifs de ma classification. Mon hypothèse est que quand on voit ces diagrammes, on voit une *pratique*. C'est-à-dire que le sujet comprend ces diagrammes seulement s'il connaît la procédure correcte à appliquer sur ceux-ci. Bien sûr, il y a plusieurs procédures susceptibles d'être appliquées, et plusieurs manipulations peuvent être obtenues. Pourtant, si on connaît la procédure correcte, celle-ci nous donnera parmi toutes les manipulations possibles, celles qui sont appropriées par rapport à la tâche.

Je tiens à souligner que cette notion de manipulation ou de procédure nous mène au-delà des dichotomies qui ont traditionnellement animé le débat, comme la dichotomie langage/vision évoquée au début de l'article, ou

celle qui oppose syntaxe et sémantique, que j'ai choisi de ne pas considérer dans ma classification, ou celle qui existe entre interne et externe - est-ce que le diagramme est représenté dans notre esprit ou est-il sur le papier ? - ou encore celle qui distingue radicalement mental et matériel - est-ce que le raisonnement diagrammatique se produit dans l'esprit ou dans le monde externe ? Je suggère que si on regarde les procédures que les sujets sont capables d'appliquer une fois qu'ils ont appris la pratique, la dualité du raisonnement diagrammatique entre objet-diagramme et sujet-utilisateur est recomposée. Dans le même temps, on a aussi réussi à conserver les aspects plus pragmatiques et à considérer la tâche particulière accomplie ou à accomplir. De surcroît, cette pratique n'est pas apprise par le sujet en mémorisant un ensemble de règles explicites, mais par la familiarisation acquise avec les manipulations réalisées.

Si les diagrammes constructifs invitent donc leur utilisateur à mener certaines opérations sur eux-mêmes, cela signifie que ces diagrammes révèlent les informations qu'ils contiennent de manière globale et synthétique, mais cependant pas en un seul instant. Ces deux aspects - façon globale et synthétique de représenter l'information, et information communiquée en un seul instant - ne sont pas équivalents. En fait, les diagrammes inférentiels sont donnés et construits étape par étape. Le message qu'ils contiennent est un message relatif aux procédures d'organisation spatiale, une organisation qui doit être appliquée soit qu'on parle d'espace *discret*, soit qu'on parle d'espace *continu*.

6. Deux exemples

Je vais introduire maintenant deux exemples de diagrammes constructifs, c'est-à-dire de diagrammes qui contiennent un message sur la prochaine étape susceptible d'être réalisée sur eux-mêmes. Dans le premier cas constitué par la Fig.7, l'instruction porte sur la manière dont le sujet peut ajouter la rangée successive de points blancs discrets.

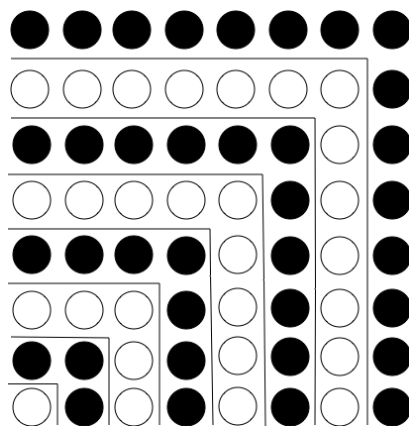


Fig.7

Vers une classification diagrammatique

La tâche est de montrer que la somme des premiers nombres impairs $2n-1$ est équivalente à n au carré. En langage formel,

$$1 + 3 + 5 + \dots + (2n - 1) = n^2$$

Dans le deuxième cas, en Fig.8, l'instruction donnée par le diagramme porte sur la manière dont le sujet peut prolonger les lignes continues du triangle plus grand pour qu'il puisse contenir d'autres triangles plus petits.

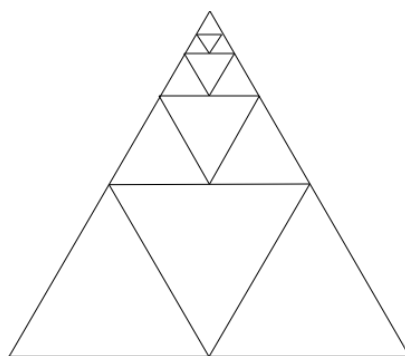


Fig.8

La tâche à réaliser consiste à montrer que la somme des puissances successives d'un quart est équivalente à un tiers. En langage formel, cela donne :

$$\frac{1}{4} + \left(\frac{1}{4}\right)^2 + \left(\frac{1}{4}\right)^3 + \dots = \frac{1}{3}$$

Ces deux diagrammes figurent sur les couvertures des deux livres de Nelsen publiés en 1997 et 2001, intitulés « Démonstrations sans paroles » (le titre original est *Proofs without Words*) (Nelsen, 1997, 2001). Le titre de ces livres est à vrai dire ambigu. En fait, il y a une ambiguïté dans le fait de considérer ces démonstrations comme « sans paroles », et j'espère que cette ambiguïté apparaît clairement, parvenus à ce point de mon argumentation. Ces démonstrations, en effet, ne sont pas sans paroles si en disant « sans paroles », on considère qu'il n'y a aucune interaction avec le langage. Par contre, ces diagrammes sont prévus pour la tâche consistant à démontrer un théorème et ce théorème est normalement exprimé au moyen d'une formule du langage mathématique. Il vaudrait mieux dire que ces diagrammes sont sans paroles pour la raison qu'ils présentent les instructions sur la manière

dont le sujet doit les utiliser, mais ils ne décrivent pas en paroles ces instructions.

Je veux prendre en considération une objection potentielle relative au choix de mes deux exemples. En effet, j'ai privilégié la partie supérieure de l'axe vertical de ma classification, et je me suis concentrée sur l'aspect « constructif » de ces diagrammes. Quelqu'un pourrait me faire remarquer que ces exemples sont plutôt difficiles à placer sur l'axe horizontal : quelle est, dans ces cas, la correspondance entre la structure des diagrammes et la structure des données représentée ? En effet, je dois admettre que cette manœuvre est risquée, parce qu'elle va nous ramener à des considérations relatives à la nature de la réalité mathématique ou de la géométrie, mais je ne souhaite pas ici aborder ces questions. Je suis donc d'accord que ce serait une bonne chose de trouver des exemples de diagrammes constructifs moins ambigus par rapport à la place qu'il faut leur attribuer dans la classification.

7. Recherches envisagées et conclusions

L'esquisse de classification que je viens de présenter soulève plusieurs questions. Premièrement, on peut se demander s'il est possible de considérer un diagramme constructif séparément du système de représentation auquel il appartient. Et si on ne peut pas, comment peut-on définir un système de représentation ? Une deuxième question concerne la forme d'apprentissage qui est mise en jeu dans chacun de ces types de représentations externes. Une hypothèse est qu'il y a des représentations qui peuvent être utilisées, c'est-à-dire correctement manipulées, d'une façon qui exige un apprentissage plus rapide, et d'autres qui, en revanche, doivent être apprises plus attentivement. De surcroît, il faudrait développer la relation entre la capacité que les diagrammes possèdent de traiter l'information et de permettre aux sujets qui les utilisent de produire de nouvelles inférences, et le fait qu'ils sont caractérisés par leur espace physique ; en plus, il faudrait discuter si les diagrammes sont compris seulement quand le sujet est capable de les modifier : existe-il par exemple des manipulations qui s'appliquent « typiquement » à certains diagrammes particuliers ?

Pour ce que je peux en voir à ce stade de ma réflexion, il y a ici deux lignes de recherche envisageables. La première ligne de recherche va considérer le raisonnement spontané qui s'appuie sur les diagrammes. Le but sera de déterminer les contraintes que les sujets appliquent spontanément à certains types de diagrammes particuliers. Un domaine intéressant de ce point de vue est une étude sur le développement de la compréhension des diagrammes par des enfants d'âges différents. Bien sûr, il y aura des différences qui vont déterminer les avantages et désavantages du choix d'une méthode d'enseignement qui puisse améliorer les résultats. La deuxième ligne de recherche peut prendre la forme d'une étude de terrain relative aux activités de scientifiques de différentes disciplines. La question est de comprendre comment les diagrammes peuvent contribuer à la découverte ou à l'explication. D'autres articles du présent volume sont consacrés à ce point, en analysant des études de cas.

J'arrive maintenant à mes conclusions. La classification que j'ai proposée va au delà de la dichotomie visuel/linguistique, très présente dans la littérature traditionnelle, et cela, je crois, représente une étape nécessaire pour rendre compte de la complexité de l'utilisation des diagrammes. Sur la base de ma classification, j'ai souligné l'intérêt de considérer les diagrammes que j'ai défini à l'aide de l'adjectif « constructifs ». Ces diagrammes ne montrent pas seulement leurs contraintes visuelles et leurs contraintes interprétatives/symboliques, mais ils fournissent également des instructions par rapport aux manières dont ils doivent être manipulés. Cette esquisse de classification demande une étude approfondie des variables en jeu ainsi que la considération en profondeur d'études de cas différentes, et surtout appropriées.

Bibliographie

- Peter J. Booker, *A History of Engineering Drawing* (1963), Chatto & Windus.
- Eugene S. Ferguson, *Engineering and the Mind's Eye* (1994), The MIT Press.
- Nelson Goodman, *Languages of art: an approach to a theory of symbols* (1968), Bobbs-Merrill.
- David Kirsh, & Paul P. Maglio, (1994). « On distinguishing epistemic from pragmatic actions. », *Cognitive Science*, Vol.18, 513-549.
- Jill Larkin & Herbert A. Simon, H. A. (1995), « Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words. », *Diagrammatic reasoning: cognitive and computational perspectives*, in Chandrasekaran, B., Glasgow, J. & Hari Narayan, N. (eds). 1995, AAAI Press; The MIT Press, 69-109.
- Patrick Maynard, *Drawing distinctions: the variety of graphic expression* (2005), Cornell University Press.
- Roger B Nelsen, *Proofs without Words: Exercises in Visual Thinking* (Classroom Resource Materials) (1997), The Mathematical Association of America.
- Roger B Nelsen, *Proofs without Words II: More Exercises in Visual Thinking* (Classroom Resource Materials) (2001), The Mathematical Association of America.

Biographie

Valeria Giardino a obtenu son Doctorat à l'Université de Rome 'La Sapienza', avec une thèse sur le rôle des diagrammes et des figures dans les mathématiques. Elle a travaillé comme Post-doc avec une bourse européenne Marie Curie à l'Institut Jean Nicod à Paris, où elle a développé son intérêt pour les représentations nommées 'publiques', comme les images et les graphiques. En ce moment, elle détient une bourse pour chercheurs étrangers en Espagne, à l'Université de Seville. Son travail actuel porte sur les diagrammes et leurs relations avec les gestes : selon Giardino, diagrammes et gestes sont le lieu de rencontre entre le système conceptuel, le système visuel, et le système moteur.

Nom et image comme rites de la technoscience

Alexei GRINBAUM
LARSIM, CEA-Saclay

Résumé : La technologie moderne crée la capacité de voir et d'agir à l'échelle où, pourvu qu'on ne les aide pas, les sens humains n'ont aucun pouvoir. La combinaison d'une distance infranchissable entre l'homme et la technique avec un réel pouvoir qu'a la technique sur la condition de l'homme, caractérise, non seulement les technologies émergentes comme les nanotechnologies, mais aussi la théologie, qui explore une réalité divine postulée. Nous utilisons cette analogie anthropologique afin d'analyser le fonctionnement des images et noms technologiques dans la société.

Abstract: Modern technology creates a capacity to see and act at the scale where unassisted human senses are powerless. This combination of an unbridgeable distance between man and technology with a real power of the latter over the human condition is characteristic, not only of emerging technologies such as nanotechnology, but also of theology that explores a postulated divine reality. We employ this anthropological analogy to analyze the functioning of technological images and names in society.

« Or ce que l'Écriture est pour ceux qui savent lire, l'image l'est pour les illettrés »
(St. Grégoire le Grand)

I- Introduction

Il sera ici question d'établir la signification des termes employés dans le titre et d'éclaircir les liens qui existent entre eux. Ce simple exercice équivaut à tout un programme de recherche, qui est celui de l'anthropologie de la technique. Le mot « anthropologie » doit être entendu ici dans sa signification classique, relative aux formes invariantes de la vie de l'homme, comme par exemple le sacré, et non au sens de la « *social anthropology* » contemporaine. Les questions que nous allons poser ne sont que deux : 1) Quels sont les acteurs du monde anthropotechnique ? 2) Comment, sous quel mode et selon quels rituels, se produit l'interaction entre ces acteurs ?

II- La technique comme divinité

L'intellectualisation et la rationalisation constantes du monde n'impliquent pas nécessairement une connaissance générale croissante des conditions dans lesquelles nous vivons. Même s'ils s'habituent à l'environnement technique au point d'oublier qu'il n'a pas toujours existé, la plupart de nos contemporains ne savent pas comment expliquer des phénomènes qui auraient été naguère considérés comme miraculeux : le vol du plus lourd que l'air, la transmission à distance du son et de l'image, la possibilité de voir les organes internes du corps humain. Mais ils savent néanmoins que ces phénomènes peuvent être expliqués scientifiquement par des experts. Contrairement à d'autres groupes de gens ayant accès aux connaissances particulières, comme par exemple les moines, ces experts que l'on appelle *scientifiques* vivent non pas dans des lieux clos auxquels on ne peut accéder qu'à condition de suivre un rituel complexe, mais parmi les gens ordinaires.

L'homme ordinaire idéalise la technique, il la réduit à une épure merveilleuse dont les principes sous-jacents lui demeurent opaques. Dans cette optique, le domaine scientifique intermédiaire — le travail d'explication du « comment ça marche » — est évacué : on pense le progrès de la technique en passant directement de son état actuel à un état rêvé ou idéalisé où elle fonctionnera enfin sans obstacles et où toutes les technologies convergeront. Le progrès, qu'il soit perçu comme accomplissement ou comme malédiction, devient l'objet d'une croyance utopique qui s'éloigne du labeur quotidien du chercheur. La connaissance se confond avec le savoir-faire technique dans une vision de la science et de la technique où tout discernement entre elles devient problématique, que l'on appelle *technoscience*. Les objets technoscientifiques : les téléphones portables, les ordinateurs, les GPS, les postes de télévision et les appareils de prise de tension, qui nous entourent au quotidien, sont non seulement omniprésents dans notre vie, mais exercent sur elle un vrai pouvoir, une influence efficiente qui la façonne et la réorganise à toutes les échelles.

Nous vivons dans un monde qui est caractérisé par les trois conditions suivantes :

- a) Pour l'homme ordinaire, les objets technoscientifiques sont effectivement des boîtes noires dont il ignore le fonctionnement. Du mode de travail d'un tel système, il ne maîtrise que les *inputs* et les *outputs* ; son opération intérieure lui demeure totalement opaque.
- b) Ces objets techniques, quoiqu'équivalents des boîtes noires, sont en même temps omniprésents, véritablement ubiquitaires dans la vie courante de l'homme ordinaire.
- c) L'homme ordinaire sait qu'il existe des experts nommés *scientifiques* qui maîtrisent la connaissance du fonctionnement intime des objets technoscientifiques.

Ces trois conditions de l'existence contemporaine ont des répercussions sur le plan anthropologique. La technoscience fonctionne dans la société comme une nouvelle force transcendante, dont le mode d'opération

intime échappe à l'homme ordinaire. Que la science constitue une force autonome est avant tout lié à l'omniprésence des « boîtes noires » que sont les objets techniques dans notre vie. En la façonnant et en la réorganisant à leur gré, ces objets contribuent à ce que leur origine commune, la technoscience, devienne une force efficiente et en même temps opaque agissant dans et sur la vie de chacun. Par conséquent, la technoscience devient une divinité moderne, la force active d'un nouveau sacré non-religieux qui possède toutes les caractéristiques anthropologiques du sacré transcendant.

III - Les figures du sacré

III- 1. La divinité (technique)

Si nous qualifions la technique (fondée sur la technoscience, qui réunit en une seule entreprise la science fondamentale et la recherche technologique) de divinité et de nouveau sacré, il est impératif de préciser dans quel sens nous employons ces mots. Le sacré ici est un sacré anthropologique (ou, si on peut dire, *sacré girardien*). Il n'est lié à aucune religion particulière ; il s'enracine dans une couche anthropologique qui précède toute organisation sociale, y compris religieuse. C'est le sacré de la donne anthropologique première, qui définit la condition existentielle de l'homme : celui-ci n'existe qu'à condition de se mettre en rapport avec une force qui le dépasse, donc un sacré ou une transcendance.

La technique est une divinité, mais pas dans le sens métaphorique où nous appelons *idole* un gadget qui nous fascine. Les cultes du iPhone, iPod et iPad, même s'ils contribuent aux phénomènes que nous analysons, ne se réduisent pas aux pratiques publicitaires appelées à exciter les masses. Il s'agit de caractériser les figures d'existence que nous impose le lien asymétrique d'attachement et de maîtrise entre un iPhone et notre vie.

La technique est comprise ici comme *sphère* unie et unifiée, donc autonome, qui entre en relation avec une autre sphère, celle de l'homme. L'objet appartenant à la sphère technique se caractérise par l'étrangeté invasive, l'aliénation inévitable par rapport à l'innocence de la nature humaine. Cet objet technique est omniprésent : il se met dans le corps humain, il conditionne son environnement, il s'assoit nonchalamment dans ses pensées. Pourtant, l'homme perçoit l'objet technique comme chose étrangère, dont il pense dans son innocence qu'elle ne fait pas partie de sa nature propre. Comme les dieux d'antan, tout en nous restant étrangère, la technique pénètre partout, en nous-mêmes et dans le monde.

III- 2. Le profane (impersonnel)

On choisira pour l'homme qui se met devant la technique (dans son aspect d'agent appartenant à la sphère humaine par opposition à la sphère technique) le mot *profane*. La seule caractéristique du profane est d'être un homme sans qualité. Le profane n'est pas un homme concret ; et pourtant chacun de nous — du seul fait de vivre dans le monde pénétré de la technique et d'être son utilisateur non éclairé — contribue une partie de soi au profane.

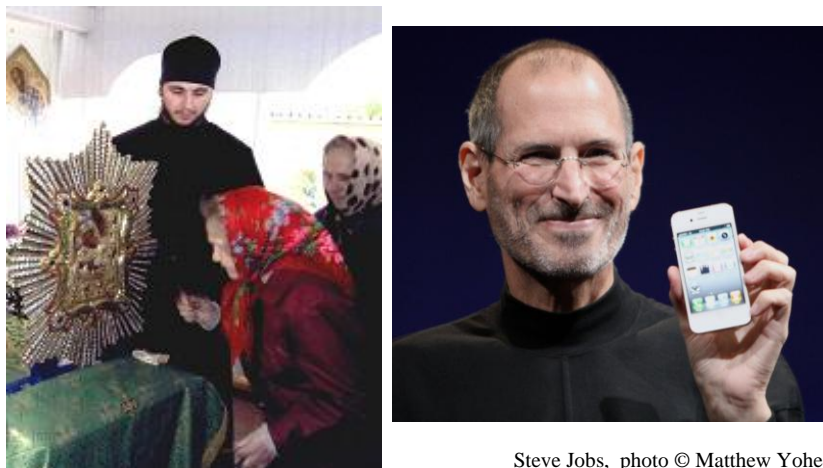
Un indien d'Amazonie n'est pas profane : il n'a simplement aucun statut par rapport à la technique moderne, celle-ci ne faisant pas partie de son monde. Mais du moujik biélorusse émerveillé par sa nouvelle moissonneuse-batteuse jusqu'à un habitant de Philadelphie qui fait une queue de cinq heures pour être le premier à acheter un iPhone, nous qui croyons avoir tué Dieu, nous sommes tous profanes devant la divinité technique.

Le profane est un individu constitué sur le plan collectif, ou, plus précisément, le sujet collectif tel qu'il apparaît devant la sphère technique, mais incarné dans un seul individu. Comme dit Hans Jonas, le profane est « non pas vous ou moi : c'est l'acteur collectif et l'acte collectif, non l'acteur individuel ou l'acte individuel qui jouent un rôle ici » (Jonas, p. 37). Si l'on compare l'exhibition d'une nouveauté technologique à la présentation par le prêtre d'un objet religieux au profane pour qu'il le vénère, il est symptomatique que, dans le cas de l'objet technologique, la figure du profane est absente : ce n'est pas un individu concret, mais nous tous, l'ensemble des utilisateurs de la technique et des hommes exposés à la technologie (Figure 1).

III- 3. Le prêtre (scientifique)

Certains de nous sont aussi les prêtres du nouveau sacré technique. Tous les scientifiques le sont : un initié qui connaît les « *inner workings* » de la technique est pour le profane parfaitement analogue à ce que le chaman est pour un esquimau, lui qui connaît les « *inner workings* » de la pluie et sait parler avec les animaux, ces « étrangers omniprésents » du monde inuit.

Chaque scientifique connaît ce moment dans la vie où, dans un café ou à l'assemblée des parents d'élèves, une fois son métier révélé, tout se passe comme si les autres acquéraient soudainement un respect inexplicable pour lui, jusque-là homme ordinaire parfaitement égal aux autres. Désormais, on lui parle poliment, on l'accueille respectueusement à l'entrée, on lui réserve des places toujours dans les premiers rangs, on lui donne la parole dès qu'il la demande. Ne pas accepter cette distinction demande même une modestie particulière de la part du scientifique, qui fait partie de ce que l'on appelle « l'éthique du scientifique ».



Steve Jobs, photo © Matthew Yohe

Figure 1 : Le prêtre présente l'objet de vénération au profane

Le scientifique, prêtre de la divinité technique, est ainsi plus identifiable avec l'homme concret, qui porte un nom, que le profane. Un parmi nous, celui qui, non aveuglé par une longue formule mathématique ou chimique ou les procédés peu appétissants de la biologie moléculaire, appartiendra à la caste scientifique. Même en dehors de son étroite compétence professionnelle, le scientifique reste dans sa position de prêtre, car il maîtrise la méthodologie de la science : il sait distinguer ce qui est sérieux de ce qui ne l'est pas. Un biologiste n'est pas un expert véritable en électronique, mais le profane s'adresse à lui comme s'il l'était. Dans ce cas, la modestie particulière du scientifique demande qu'il « enlève sa soutane » et qu'il se déclare égal au profane. Ne pas faire acte d'une telle modestie, c'est assumer sa fonction anthropologique de prêtre sans qu'il y ait pour elle un fondement scientifique véritable, c'est donc identifier la science à la magie, comme le font certains géophysiciens et autres non-spécialistes qui affirment pouvoir parler des questions de climatologie.

III- 4. Le double rituel de l'efficacité et de l'émerveillement

Le rituel de la communication entre le profane et la divinité technique a un sens double, irréductible à seul le flux de la vulgarisation scientifique dirigé vers le profane. Car la stabilité de l'ordre technico-social défini par l'opposition profane-initié est impossible sans une *ouverture affective* de la science. Le profane se reconnaîtra comme tel — et volontiers — seulement si ce qui se fait à travers lui fait appel à son émerveillement devant la technique autant qu'à la stabilité rassurante de la pensée rationnelle. Si la divinité agit avec bienveillance dans sa relation intime avec le profane (grâce à la rationalité de la science, mais aussi, comme tout dieu qui se respecte, en faisant peur), ce dernier ressentira pleinement un accomplissement dans cette

relation. Mais la divinité doit également garder ses distances par rapport au profane et ne jamais lui permettre de trop s'approcher du sacro-saint, pour éviter la crise sacrificielle où elle pourrait se voir détrônée brusquement et sans pitié, comme en témoignent certaines aspirations de la mouvance du « luddisme » moderne.

III- 5. La technique et la violence

Puisque la technique est transcendante par rapport aux divisions diverses entre les hommes (en États, nations, clans, ethnies ou même cultures), elle peut servir d'arbitre suprême dans les conflits qui émergent au niveau de ces divisions. La technique peut ainsi contenir la violence. Reste à remarquer que, pour le faire, c'est bien la divinité technique qui doit se mettre à parler pour dire aux hommes d'arrêter leurs conflits ; et sa parole doit être entendue efficacement autant par les uns que par les autres. Les exemples ne sont pas nombreux et mieux vaudrait qu'ils le restent : songez à ce qui s'est produit à Hiroshima et à Nagasaki ou encore pendant la crise des missiles de Cuba.

IV - Les rites de la technique

IV- 1. L'image

Le développement des microscopes en champ proche (AFM/STM) a permis la création d'une imagerie scientifique nouvelle relative à l'échelle du nanomètre, dont le pouvoir expressif et persuasif fut de « faire voir les atomes ». L'utilisation du mot « voir » ne peut être que métaphorique dans la mesure où cette imagerie sert de représentation visuelle (à partir du traitement informatique d'un signal électrique) d'une échelle spatiale inférieure à la longueur d'onde de la lumière visible, donc invisible en toute rigueur. Cela devrait être rigoureusement distingué du paradigme de la perception des « choses » ordinaires à notre échelle. Le sacré technologique est transcendant ; mais cette constatation n'est pas suffisante : la forme véritable de ce sacré est imperceptible et inconnaissable par le profane. Il s'agit d'un sacré proprement ineffable.

On découvre la même situation : à savoir, la présence d'un sacré omniprésent et possédant le pouvoir d'action efficiente, et en même temps ineffable, dans les écrits des théologiens chrétiens sur les saintes icônes. Plusieurs passages que l'on peut trouver dans les textes canoniques portant sur le débat entre les iconodoules et les iconoclastes sont tout à fait applicables au monde du sacré technologique, peut-être à quelques reformulations près. Du point de vue de l'anthropologie de la technique comprise comme un nouveau sacré, les images colorées fabriquées à partir des données d'un microscope à effet tunnel ne font qu'un avec les icônes. Du même point de vue, le nom « nano » jouit du statut d'un nom de dieu.

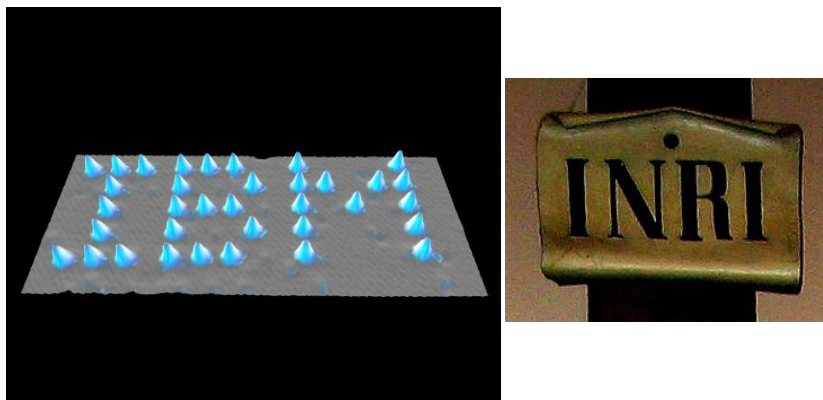


Figure 2 : Les noms divins

D'où procède le parallèle entre les images et les icônes (qui en grec ne font qu'un) ? Jean Damascène dit : « L'homme n'a pas une connaissance immédiate de l'invisible... L'icône est saisie par l'esprit pour guider dans la connaissance, la manifestation et la démonstration de ce qui est voilé » (*3e Discours pour la défense des icônes*, 17). Cette condition nécessaire : l'impossibilité de connaître directement le sacré, est la même pour le sacré religieux et pour le sacré technologique caractérisé par les images des objets nanométriques. Pour connaître ces objets, on a besoin d'être guidé, car l'accès direct par nos sens y est impossible. Les images aussi bien que les icônes remplissent cette fonction de médiation.



Figure 3 : Deux vues des espaces qui réveillent l'imagination : la Jérusalem céleste et un oxyde de cuivre

Le recours à la représentation est donc naturellement nécessaire là où l'original ne peut pas être saisi par la vision. Jean Damascène dit encore : « Nous ne pouvons contempler l'incorporel sans des figures qui nous correspondent... Que de ce qui est sans type aient été proposés des types et des sans formes des formes, on dirait que la raison unique en est notre incapacité à nous élever sans intermédiaire aux contemplations spirituelles et notre besoin d'appuis familiers conformes à notre nature » (*3e Discours pour la défense des icônes*, 21). L'exploration des espaces inaccessibles au travers de leurs images nous élève et nous permet, en quelque sorte, de participer au fonctionnement intime de la transcendance ou du moins de nous sentir plus proches de la divinité. C'est le propre du rite : la contemplation de l'image technologique et l'émerveillement devant le monde ineffable auquel elle se réfère, sont un rite de la technoscience par excellence.

Pour l'expert qui sait lire leur message scientifique, les images jouent un rôle heuristique. Pour nous autres, le profane collectif, les images sont un moyen d'accès et de connaissance de l'imperceptible (Figure 3). En même temps, elles évoquent en chacun des émotions diverses et mobilisent la faculté affective de l'homme plutôt que celle d'intelligibilité rationnelle. On juge de la qualité esthétique d'une image issue du nano-art, simplement si elle est belle ou laide, en utilisant les mêmes critères que pour un tableau de peintre : le profane applique à tous les deux les mêmes catégories esthétiques anthropomorphes, comme par exemple la signification des différentes couleurs ou de leurs combinaisons. Denys l'Aréopagite dit : « Pour l'instant, selon les dons que nous avons reçus, nous usons pour atteindre aux réalités divines des symboles qui nous sont propres et ce sont eux, une fois encore, qui nous élèvent, à la mesure de nos forces, à la vérité unie des spectacles intelligibles ; usant pleinement de l'intuition que nous pouvons avoir de la forme divine, nous dépouillant de toute opération intellectuelle, nous tendons, autant qu'il est permis sans sacrilège vers... cette Lumière qu'on ne saurait ni concevoir ni exprimer, ni saisir par aucune sorte de vision, car elle est séparée de toutes choses » (*Les Noms Divins* 1, 4).

La représentation d'une réalité ineffable par l'image n'est pas neutre. Elle ne pourrait même pas l'être si elle le voulait, car ce qui est représenté ne possède pas, de par sa nature, de représentation fidèle. La coloration d'une icône amplifie l'ouverture affective qu'elle induit en l'homme et de même pour une image technologique. Tout en soulignant le caractère sacré des objets qu'elle représente, l'icône ou l'image replacent la relation entre le profane et la divinité technique dans le cadre d'une vénération, comme l'annonce au sujet des icônes le 7^e Concile Œcuménique : « Car, chaque fois qu'on voit leur représentation par l'image, chaque fois on est incité en les contemplant à se rappeler les prototypes, on acquiert plus d'amour pour eux et on est davantage incité à leur rendre hommage en les baisant et en témoignant sa vénération » (Mansi, t. XII, col. 1.086 B. col. 377-380). Cette *logique de rite* s'applique aussi bien aux images scientifiques et à leurs prototypes que sont les objets nanométriques.

La double fonction des icônes sacrées qui nous permettent d'atteindre les réalités divines en les remplaçant, en même temps, par des choses de notre monde, tout en nous dépouillant de toute opération intellectuelle reléguée aux seuls experts, est la même fonction que celle des images issues des nanotechnologies. L'image est le premier élément du rite par lequel nous nous mettons en relation avec la divinité technique : proche, mais infiniment éloignée ; omniprésente, mais ineffable ; insaisissable pour nous, mais connue des scientifiques.

IV- 2. Le nom

Nous élevons l'objet technique au statut de divinité en lui donnant un nom. La simple évocation de ce nom suffit pour produire en nous un émerveillement devant cet objet. Le nom « nano » pris dans le sens de sa circulation au sein de la société et bien au-delà des cercles des experts, sans qu'il réfère à une discipline scientifique précise comme la biologie ou l'informatique, n'est que le symbole de pareil émerveillement. Ce nom sert à *diviniser* la technique. Son mode de fonctionnement anthropologique est celui d'un nom de dieu qui nous permet de nous référer à une transcendance dans le langage sans que nous y ayons une quelconque voie d'accès. Pour le profane, l'évocation du nom de la divinité technique est un acte d'élévation et de participation exactement sur le même plan que la contemplation d'une image technologique. Il s'agit donc d'un deuxième rite de la technoscience (Figure 2).

Forger un nom, simplement *nommer*, n'est pas un acte de publicité promotionnelle. Le sens de la création du nom en tant qu'acte de divinisation est bien attesté dans l'histoire sacrée. *Midrash Rabba* dit : « Qui parle de "nom" parle d'idolâtrie » (Commentaire sur Genèse 11:4). Pour cette tradition juive, forger un nom est donc inévitablement un acte de divinisation, que ce soit conforme ou contraire à la volonté de Dieu (cf. « idolâtrie » dans ce texte vs. Adam qui donne les noms à tous les animaux dans le Genèse). Un autre texte juif précise le sens du fameux épisode où les constructeurs de la tour de Babel décident de se donner un nom : « *"And let us make us a name" — this place of Klipot (=forces of Evil) shall be Elohim for us. ... And we shall "make us a name," a god to worship here* » (Zohar 345).

Dans la fonction de nom de dieu, « nano » évoque en nous l'affinité avec quelque chose qui dépasse l'ordre habituel des choses, une transcendance qui demande et suscite un émerveillement. Le mot « nano » acquiert les caractéristiques d'une force capable de transformer un objet quotidien en une chose bénie qui apporte le salut de par sa relation avec la divinité. Sur le plan anthropologique, cela explique les usages que nous trouvons du préfixe « nano » pour des objets qui n'ont pas de relation avec les nanotechnologies. Dans ce cas, le préfixe « nano » permet d'élever l'objet nommé au rang de manne des dieux.

En évoquant les différents noms des objets techniques, c'est-à-dire en déclenchant des divinisations sans mesure, nous courons un risque qui s'exprime dans la parabole suivante. Borges écrit : « ...the *Midrashim*

abominate the impious who pronounce the Shem Hamephorash, the secret name of God. Wasn't he, perchance, guilty of this dark crime? Might not this be the blasphemy against the Spirit, the sin which will not be pardoned (Matthew 12:3)? Valerius Soranus died for having revealed the occult name of Rome; what infinite punishment would be his for having discovered and divulged the terrible name of God? » (Borges). Comme tout rite, l'évocation du nom de dieu n'est pas sans danger. Un rite qui dérouté mène à une crise, qui peut engendrer la violence. Un rite mal tourné ou avorté demande que l'on impute à quelqu'un la responsabilité pour cet acte et que l'on sacrifie le responsable au nom du rétablissement de la paix. Les scientifiques s'étonnent souvent de se retrouver accusés d'être les responsables de tous les maux induits par les objets techniques qu'ils fabriquent, même s'ils n'avaient jamais formé eux-mêmes l'intention d'utiliser ces objets à des fins nocives ou subversives. Du point de vue anthropologique, cela s'explique par leur rôle de prêtre de la technoscience et l'usage socialement explosif qu'ils font des noms divins et des images de la divinité technique qu'ils fabriquent. Chaque fois qu'un désastre technologique se produit, les scientifiques portent la responsabilité pour un rite avorté et à la place de l'émerveillement surgit subitement la haine.

IV- 3. La révolte

C'est une donnée anthropologique que le sacré est contesté et que les dieux finissent par être détrônés. Les ouailles sacrifient souvent les prêtres pour s'épurer après une transgression de l'ordre sacré, mais, dans quelques situations moins fréquentes, la violence se déchaîne jusqu'à envahir toute la société. Celle-ci ne trouve alors une issue et un retour à la paix que si elle opère la décapitation, réelle ou symbolique, mais de toute façon rituelle, de ses propres dieux. Là où il existe un pouvoir transcendant, il se trouve inévitablement contesté au sein de la société qui le vénère. Un dieu consensuel est impuissant ; seul un dieu dominateur agit efficacement dans la vie du profane. Et la domination provoque toujours la révolte de celui qui est dominé contre celui qui domine. De ce point de vue, le phénomène de révolte contre la divinité technique n'est guère surprenant.

Depuis les luddites, les exemples historiques de lutte contre la technique sont nombreux. Citons simplement deux illustrations contemporaines relatives aux nanotechnologies.

Comme les athées militants dans le cas du sacré religieux, les *athées technologiques* possèdent une vision aplatée d'un monde à un niveau. Ils refusent par principe qu'il puisse y exister une transcendance technique. Leur révolte contre la technologie moderne engage l'existence même de la technique, car toute technique demande des connaissances et des matériaux spécialisés et crée ainsi une ligne de clivage entre le profane et l'expert, qu'ils refusent par principe. La contestation de ce type ne peut être comprise qu'au niveau anthropologique comme un appel à en finir avec un dieu qui n'a pas su protéger la société et éviter que l'objet sacré soit associé au mal. La violence symbolique auquel fait appel l'opposant se veut totale : sa finalité

n'est pas que la société s'intègre et s'adapte à un nouvel ordre technologique, mais que la technologie en tant que force transformatrice de la vie sociale cesse d'exister tout court. L'attaque est ciblée non pas contre une technologie donnée ou une discipline scientifique particulière, mais contre le monde symbolisé par le préfixe « nano » dans son ensemble. En militant pour ce que préfixe soit enlevé, l'opposant ne fait qu'appeler à décapiter un dieu.



Figure 4 : La contestation du pouvoir de la transcendance technologique utilise les symboles qui profanent et dégradent son image et son nom.

Dans l'exemple précédent, l'attaque anti-technologique était focalisée sur le nom divin dont la place est tenue par le mot « nano ». D'autres attaques sont dirigées contre les images des nanotechnologies. En règle générale, la contestation du sacré technologique essaye de détruire la signification des rites de ce sacré en les caricaturant et en transformant le solennel en l'impur. L'impureté ne doit pas nécessairement être tragique, liée à la mort ou la catastrophe. Elle peut aussi être comique. La signification anthropologique de cette transgression comique est la même pour les nanotechnologies et, par exemple, les caricatures du prophète Mahomet, comme on voit dans le cas des symboles proposés par le World Social Forum pour l'opposition aux nanotechnologies (Figure 4).

V - Conclusion

*O Love, the interest itself in thoughtless Heaven,
Make simpler daily the beating of man's heart; within,
There in the ring where name and image meet...*

W. H. Auden ne pensait probablement pas aux objets techniques quand il écrivait ces vers, pourtant ils s'appliquent bien à notre condition technologique et suggèrent même une conclusion troublante. Le nom et

Alexei GRINBAUM

l'image se rencontrent dans un acte de vénération : ce sont deux rites à travers lesquels le profane se met en rapport avec la divinité technique. L'acte même de cette vénération est une expression d'amour, non pas de la part du profane, mais pour le prêtre. Celui-ci est plus proche du paradis technologique, c'est-à-dire, de cette zone où on possède la connaissance du sacré véritable. Le scientifique aime la technique dans le même sens du mot « amour » que celui utilisé par Auden : la technoscience est pour lui « *the interest itself* », un intérêt en soi et la seule force existentielle du paradis technique. Alors on constate (peut-être avec consternation) que ce paradis est qualifié de *thoughtless*, c'est-à-dire, à courte vue, instinctif, ne procédant que par réflexes, dénué de la capacité de pensée. C'est exactement le même mot que celui qu'utilise Hannah Arendt dans son verdict sur la condition de l'homme dans le monde technique : *thoughtlessness* (Arendt 1958). Les conséquences morales en sont immenses. La divinisation de la technique est-elle vouée à ainsi réduire, voire supprimer, ce qui est humain dans l'homme ?

Note

Une version plus élaborée de cet article a été publiée par l'auteur sous le titre « Nanotechnological icons », *Nanoethics*, vol. 5, 2011, pp. 195-202.

Bibliographie

- Arendt H., *The Human Condition*, The University of Chicago Press, 1958.
Borges J. L., *Three versions of Judas in Ficciones*, Everyman's Library, 1993.
Jonas H. *Le Principe Responsabilité*, Seuil (pour la version française), 1979.

Biographie

Alexei Grinbaum est chercheur au laboratoire LARSIM du CEA-Saclay. Il est spécialiste de philosophie de la physique et s'intéresse également aux questions éthiques liées aux nouvelles technologies. Il est coordinateur pour la France de l'Observatoire européen des nanotechnologies.

Le dessin anatomique et l'image scientifique

Nanta NOVELLO PAGLIANTI
Université de Franche-Comté

« *La vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort* »
F.-X. Bichat¹

Résumé : L'article traitera le dessin anatomique dans quelques manuels d'anatomie contemporains sous différents aspects. Nous allons étudier d'abord les représentations du corps humains dans leur multiplicité : le dessin anatomique mais aussi les images corporelles réalisées au moyen des techniques les plus contemporaines. Une première partie sera consacrée à l'analyse d'un manuel d'anatomie contemporaine et aux dessins corporels qu'il contient. La deuxième partie sera axée d'une façon plus détaillée sur le statut des images du corps et sur le sens de ces mises en scène corporelles.

Nous allons considérer le manuel d'anatomie en lui-même comme un texte qui se structure grâce à un dialogue continu avec ses images.

Abstract: The article analyses the anatomical representation contained in contemporary manuals of medicine. We are going to analyse in detail the various representations of the human body: the anatomical structure but also the images of the body made with the most recent techniques. The first part of the article is about the analysis of a contemporary manual of medicine and about the anatomical representations that it contains. The second part is about the state of the anatomical image and about the sense of the anatomical representations. We'll consider the manual of anatomy as a text which is structured thanks to a continual dialogue with its images.

L'article traitera les représentations anatomiques du corps dans les manuels contemporains de vulgarisation scientifique. Les manuels étudiés sont des livres actuellement employés par les étudiants en médecine et en

¹ M. F.-X. Bichat, *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, Ed. Masson, 1862, cité par P. Kamina, *Anatomie clinique*, Ed. Maloine, 2008, p. 8.

filières parallèles dans les différentes universités françaises. Ces livres² sont aussi la référence pour les médecins en activité professionnelle.

A l'intérieur de ce corpus, nous allons considérer les dessins anatomiques pour deux raisons. D'une part, les dessins sont encore à l'heure actuelle les illustrations les plus nombreuses dans les livres de médecine³. A ceux-ci s'ajoutent aussi les photographies du corps dont on traitera en tant que construction du texte différente de celle qui relève du dessin.

De l'autre, leur statut diffère de celui des images réalisées au moyen des techniques les plus contemporaines comme l'IRM, la tomodensitométrie etc.

Ce travail sera divisé de la manière suivante. Une première partie sera consacrée à l'analyse d'un manuel d'anatomie contemporaine et aux dessins corporels qu'il contient. Nous commencerons par traiter de la différence entre un manuel d'anatomie et un atlas pour comprendre les spécificités de l'un et de l'autre. Ensuite, nous analyserons l'introduction d'un manuel et, en particulier, ses rapports avec les dessins corporels pour interroger les liens entre les deux. La deuxième partie sera axée d'une façon plus détaillée sur le statut des images du corps et sur le sens des mises en scène corporelles.

Les différentes manières de représenter le corps en anatomie constituent notre centre d'intérêt principal. Cette discipline relève d'une histoire et l'évolution des de ces images du corps n'est pas anodine. Pour des raisons de brièveté, nous n'allons pas nous consacrer à l'histoire du corps médical, déjà traitée ailleurs⁴, mais nous allons faire référence à certaines explications sur le corps pour la compréhension de certaines images.

Nous allons considérer le manuel d'anatomie en lui-même comme un texte qui possède sa complexité et sa variété puis nous entrerons dans le détail des constructions corporelles.

Les livres d'anatomie appartiennent à un genre didactique qui se définit par son but : l'apprentissage de l'anatomie humaine. Le lecteur a des attentes précises, notamment l'explication des images, la mise en contexte, la clarté et la précision.

² P. Kamina, *Anatomie clinique*, Ed. Maloine, 2008 ; A. Delmas & H. Rouvière, *Anatomie humaine descriptive, topographique et fonctionnelle*, Ed. Masson, 2002.

³ Nous rappelons que la première année du cursus médical est centrée sur l'apprentissage et la réalisation de la part des étudiants du dessin anatomique.

⁴ J.-J. Courtine, G. Vigarello & alii, *L'histoire du corps, Tome 3. Les mutations du regard, Le XX^e siècle*, Seuil, Paris, 2006 ; G. Vignaux, *L'aventure du corps*, Pygmalion, Paris, 2009 ; R. Mandressi, *Le regard de l'anatomiste. Dissections et invention du corps en Occident*, Ed. du Seuil, Paris, 2003 ; D. Le Breton, *La Chair à vif*, Métailié, Paris, 1999. La liste des ouvrages ne se veut pas exhaustive.

1. Le manuel d'anatomie et l'atlas

D'abord une distinction s'impose: les manuels de vulgarisation scientifique ne sont pas des atlas d'anatomie humaine⁵.

La différence entre les deux relève des pratiques associées à leur emploi. Cet aspect de la « consommation » des textes qui a été écarté pour ce qui concerne les œuvres d'art « classiques » resurgit ici avec toute son importance. En effet, le manuel intègre ses dessins qui revêtent une fonction illustrative, comme appui d'un texte explicatif de chaque partie du corps, en revanche, l'atlas sert de moyen d'individuation et de consultation de la partie recherchée (Fig. 1). Le lecteur sait ce qu'il veut retrouver et vérifier. Ce détail est intéressant parce que les dessins qui sont placés à l'intérieur des deux, manuel et atlas, ne sont pas différents. L'élément qui permet de les distinguer est le texte qui englobe les figures. Dans le cas du manuel d'anatomie, il ajoute des précisions aux images qui possèdent un pouvoir explicatif conséquent. En revanche, dans l'atlas (Fig. 1), le texte est réduit au minimum et la fonction informative est reprise d'une façon globale, par les légendes de figures. La disposition même de l'écrit encourage cette interprétation (Fig. 2).

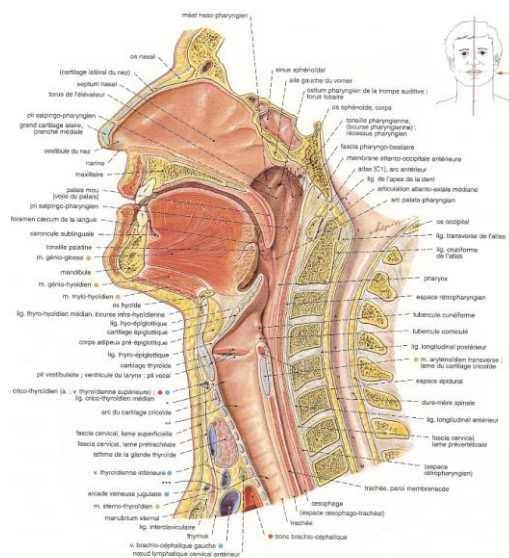


Fig. 282 Tête et cou ; coupe paramédiane ;
septum nasal conservé ;
vue médiale ou latérale (Fig. 803).
Les flèches indiquent la voie d'abord chirurgical
de la trachée ;
* : coupe faite à travers le lig. cricothyroïdien médian
** : trachéotomie basse - au-dessus de l'isthme de la glande thyroïde
*** : trachéotomie basse - au-dessous de l'isthme de la glande thyroïde

Fig. 1 : extrait de *Atlas d'anatomie humaine Sobotta, volume 1*, 4^e édition française, Sobotta et al. © Technique et Documentation-Lavoisier / EM Inter

⁵ Nous faisons référence à un atlas à titre d'exemplaire, très diffusé en médecine : R. Putz et R. Pabst, *Atlas d'anatomie humaine Sobotta. Tome 1*, sous la direction de A. Dhem, A. Gouazé, Ed. Technique & Documentation, 2000.

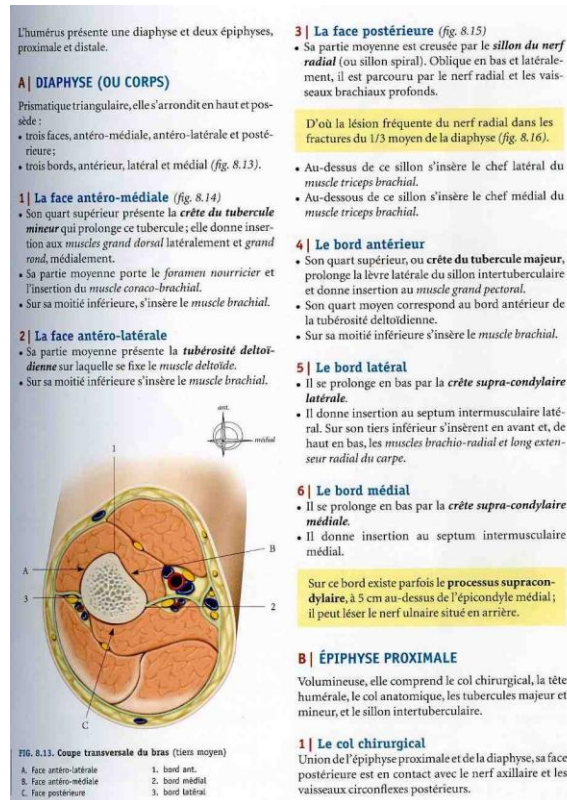


Fig. 2 : P. Kamina, *Anatomie clinique*, tome 1, *Anatomie générale*, Paris, Ed. Maloine, 2008, p. 123.

Si nous ne pouvons pas parler de deux genres⁶ différents parce que l'un n'exclut pas l'autre, nous constatons qu'il existe des différences qui donnent lieu à des sous-genres.

Le manuel d'anatomie développe dans un ordre précis différentes thématiques : le système squelettique, articulaire, musculaire, circulatoire, tégumentaire, etc. Ensuite des sections à part sont consacrées aux membres supérieurs (de la clavicule aux os de la main) et inférieurs (de l'os coxal aux arcs de pied). Au contraire, l'atlas d'anatomie prend en considération chaque partie du corps (tête, cou, organe de la vision) et se focalise sur l'énumération

⁶ Une définition possible de genre est celle fournie par M. G. Dondero : « La partie d'un contexte qui peut être considérée commune entre un texte et d'autres textes (F. Rastier) », in « L'image scientifique : de sa production à sa manipulation », p. 3, Image scientifique et ANR IDiViS : « Images et dispositifs de visualisation scientifique » coordonné par Anne Beyaert-Geslin, Université de Limoges, France. Il s'agit d'une description contextuelle parmi d'autres possibles. Genre : ce qui permet au texte de se situer dans une situation et d'assumer d'autres statuts.

de toutes les composantes qui la structurent. Par exemple, la partie intitulée « L'œil » sera composée de : les paupières et l'orbite, l'appareil lacrymal, les muscles extrinsèques de l'œil, le bulbe oculaire, etc. Le manuel donne à voir une structure plus articulée entre ses parties, à l'opposé de l'atlas qui traite chaque membre du corps comme une partie autonome et indépendante.

Il s'agit d'une structure du texte qui réserve une attention particulière non seulement à l'historique de chaque image mais aussi aux pratiques de lecture du texte. Les savoirs implicites sollicités par le manuel et par l'atlas ne sont pas les mêmes. Le premier implique un apprentissage qui a besoin d'être guidé dans le temps, l'autre une consultation basée sur un savoir (et peut-être une pratique) déjà acquis. Le premier permet une circulation du savoir ordonné que le lecteur consomme dans un parcours de lecture, le second fournit des informations hiérarchisées et « prêtes à l'usage ».

L'atlas auparavant était une nomenclature des parties du corps dont les repères n'étaient pas évidents du premier abord. Une certaine préoccupation pour la dénomination, aujourd'hui couramment acquise, était fortement présente. L'image n'avait presque aucun rôle à jouer.

De plus en plus, l'image est devenue une partie essentielle des atlas et des manuels jusqu'à devenir une acquisition indirecte du savoir : l'observation et la lecture, qui sont des étapes différentes de l'image, se concrétisent en apprentissage. Il s'agit d'une pratique significative parce que la lecture de l'iconique sera une des composantes du diagnostic médical. Une des données nécessaires au diagnostic concernera la décodification d'un signe iconique. Nous parlons ici d'une instanciation du faire qui commence dans le texte, mais se prolonge bien au-delà de son contexte pour devenir une pratique⁷ (Fontanille, 2007). Il s'agit d'un passage d'une lecture à une traduction en pratique, à une actualisation de ce faire qui, comme le dit J. Fontanille (2008), change de niveau de pertinence. Ce rapport avec la pratique est une préoccupation du manuel d'anatomie Kamina qui affirme :

Il est courant de dire que l'anatomie humaine ne change pas, puisque le corps semble immuable depuis des millénaires. Cependant, comme pour toute science, la connaissance d'un objet d'apparence invariable dépend non seulement du regard qu'on lui prête, de l'instrument dont on se sert pour l'étudier, mais encore de l'usage que l'on en fait⁸.

⁷ Nous définissons la pratique comme : « procès sémiotiques organisés qui se déroulent dans l'espace social ». Nous renvoyons au texte de J. Fontanille pour un usage de la pratique : « Textes, objets, situations et formes de vie. Les niveaux de pertinence du plan de l'expression dans une sémiotique des cultures », in *Transversalité du Sens*, Denis Bertrand & Michel Costantini (sous la direction de), Paris, P.U.V., 2007.

⁸ P. Kamina, *Anatomie clinique*. Tome 1, Ed. Maloine, 2008, avant-propos de l'auteur.

L'anatomie est donc partagée entre trois variables : le savoir, la technique et la mise en pratique des acquisitions. Ce processus est ordonné en *crescendo* et l'ensemble de ces composantes ne peut être réduit à la simple somme des trois. Par exemple, la formulation du diagnostic, comme suite logique de ce processus, prend appui sur ces trois moments.

1.1 La structure introductive du manuel anatomique et ses dessins

Les introductions qui se trouvent en ouverture des manuels d'anatomie plongent le lecteur directement *in medias res*, comme l'avait déjà souligné M. de Certeau⁹ (1975) pour les livres d'histoire.

Tout d'abord, les premiers tomes sont consacrés à une brève introduction, à une définition de la matière qui sert de préambule pour définir l'objet d'étude, détail qui est absent dans les atlas dont la nomenclature du corps commence de la première page. Le manuel Kamina énonce ainsi :

L'anatomie est la science des structures organisées du corps humain vivant. L'anatomie, en général, constitue une pédagogie d'observation combinant la décomposition minutieuse des structures du corps et la recombinaison intellectuelle du réel. (Kamina, 2008 : 3)

Deux opérations bien distinctes sont soulignées : une procédure de découpage en parties, de division du corps et une autre de recombinaison « virtuelle » de ce qui a été décomposé. Les deux opérations n'agissent pas au même niveau : l'une est une activité pratique, une application d'un savoir acquis sur le corps, l'autre une reconstruction idéale de ce qui a été recherché et/ou découvert. Nous assistons à un glissement entre ce qui a été le découpage du corps et la reconstitution de ce corps qui implique une opération d'abstraction. Ce qui semble exister est un idéal du corps que chaque décomposition minutieuse devrait atteindre ou avoir comme modèle de référence. C'est le cas par exemple de cette image (Fig. 3) qui montre la position anatomique de référence et l'axe du corps qui est le point de départ pour toute opération de mesure ultérieure.

⁹ Michel de Certeau, *L'écriture de l'histoire*, Gallimard, 1975. Nous rappelons la mise en évidence de la part de l'auteur des critères subjectifs et objectifs qui entrent dans la création du récit historique qui pourraient bien s'adapter à celui que l'on rencontre en anatomie.

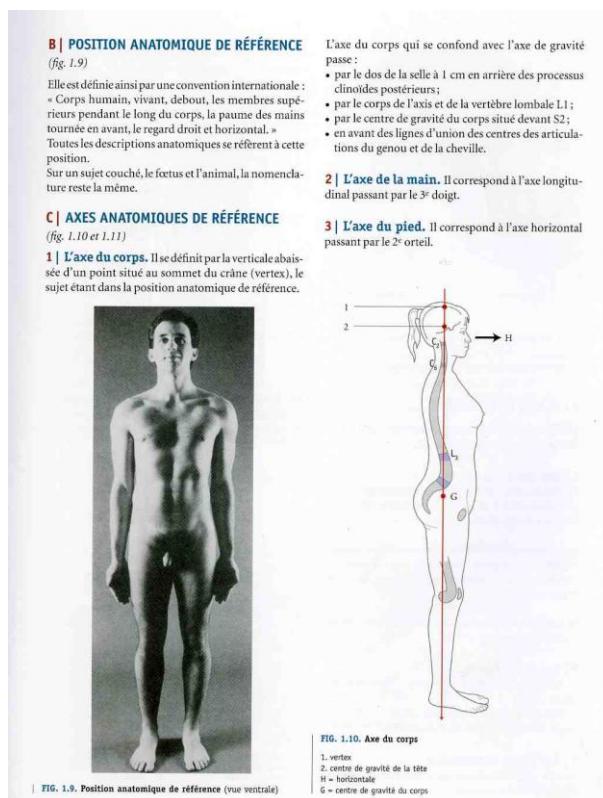


Fig. 3 : P. Kamina, *Anatomie clinique*, tome 1, *Anatomie générale*, Paris, Ed. Maloine, 2008, p. 9. Position anatomique de référence.

Ces deux figures humaines, disposées côte à côte, l'une photographiée et l'autre dessinée, occupent une grande partie de l'espace de la page. La juxtaposition de deux icônes est un procédé très présent dans ce manuel. La photographie sur la gauche représente une figure figée, digne d'un portrait anthropométrique¹⁰ (mains tournées) et coexiste avec un dessin du corps féminin incomplet (seul l'essentiel est montré, sans bras, le pied est mal dessiné) qui affiche l'épine dorsale, seul détail à ne pas être nommé dans le texte. Certaines parties du corps, comme le genou, ne donnent pas lieu à un commentaire. Le passage d'un regard extérieur du corps à un regard intérieur n'est pas problématique pour le jeune médecin. Les détails que nous pouvons apercevoir à l'œil nu sont légitimés par la référence au statut de la

¹⁰ Nous citons la définition donnée par la position anatomique de référence : « Corps humain, vivant, debout, les membres supérieurs pendant le long du corps, la paume des mains tournée en avant, le regard droit et horizontal. Sur un sujet couché, le fœtus et l'animal, la nomenclature reste la même », (Kamina, 2008, p. 9).

photographie, présente pour valider l'ancrage au réel. En revanche, le dessin montre le caché, l'impossible à voir. La mise en co-présence des deux techniques représentatives justifie le passage de l'une à l'autre. Cette uniformité est donnée soit par la proximité des deux images, soit par le texte qui se réfère à l'une et à l'autre sans aucun type de rupture discursive. Pour se rendre compte de ces facilités de passage de la photographie au dessin, nous pouvons prendre pour exemple cette image (Fig. 4) :

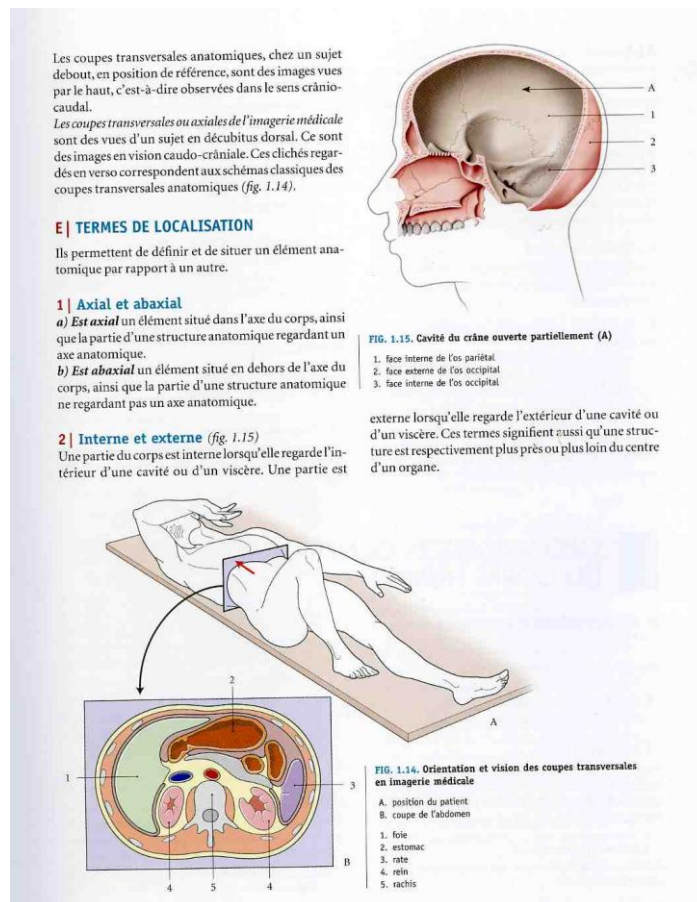


Fig. 4 : P. Kamina, *Anatomie clinique*, tome 1, *Anatomie générale*, Paris, Ed. Maloine, 2008, p. 11. Orientation et vision des coupes transversales en imagerie médicale

A première vue, le contenu de ces dessins¹¹ n'est pas facile à interpréter : un homme qui n'est représenté que par ses contours corporels, allongé sur une planche/ lit qui se couvre le visage et qui a une jambe pliée. Le bras et la jambe sont des obstacles à la vision, réalisés volontairement pour attirer l'attention du lecteur sur d'autres détails comme sur le rôle de la flèche. Il s'agit d'un signe indiciel qui sert à montrer la partie importante, expliquée dans sa légende. Elle est placée selon l'optique du lecteur. Elle suggère quoi et comment regarder un dessin qui pourrait ne pas être correctement interprété.

Pourquoi une photographie pouvait-elle se révéler ne pas être suffisante ici ? Le degré de référencialité du dessin ici n'est pas satisfaisant d'où le besoin d'ajouter d'autres éléments de précision comme : un cercle qui entoure l'abdomen. Cet ajout d'une couleur différente et arbitraire, pour marquer le contraste, est explicité et agrandi grâce à l'image en premier plan : la coupe transversale de l'estomac. Elle est placée face au lecteur pour des raisons de clarté, mais le texte explique que : « Les coupes transversales ou axiales de l'imagerie médicale sont des vues d'un sujet en décubitus dorsal. Ce sont des images en vision caudo-crâniale. Ces clichés regardés en verso correspondent aux schémas classiques des coupes transversales anatomiques » (Kamina, 2008 : 11).

Toutes les parties de ce dessin qui ne sont pas concernées par le regard médical font partie d'un régime de neutralité et d'invisibilité. Elles ne doivent pas « sauter aux yeux » pour mettre en évidence par contraste la section intéressée : la « coupe transversale ». Comme le soutient Mandressi (2003), le dessin relève de la spécificité de la connaissance visuelle que le mot ne peut pas remplacer. L'accent que l'auteur met sur les dessins anatomiques (qui possèdent moins une qualité scientifique et pédagogique qu'esthétique et narrative) semble s'adapter à cette image.

En outre, l'enchaînement de ces opérations ne relève pas d'une vision cohérente du corps qui est manipulé dans tous ses angles de représentation et de cadrage. Une objectivité est néanmoins construite à tout prix malgré les sauts, les chaînons manquants, les incohérences de ces représentations corporelles, légitimés par le genre médicale. Une fausse capacité référentielle émerge de ces dessins. Ce qui n'est pas représenté, ni souligné, ne fait pas partie du corps et ne rentre pas dans les compétences médicales à acquérir.

Ce qui reste implicite est une connaissance du corps que le lecteur doit posséder en tant que sujet possédant un corps. La maîtrise technique et le savoir médical s'apprennent grâce à ces manuels. Par contre, ce qui reste

¹¹ Nous rappelons que le dessin anatomique fait partie du cursus de médecine actuelle. On retrouve différents livres (par exemple, Hogarth Burne, *Le dessin anatomique facile*, Taschen, 1993, Köln) qui aident les étudiants à la pratique du dessin anatomique. Dans ces livres, les explications pour réaliser un dessin « correct » ne se différencient pas de celles fournies par les traités d'histoire de l'art. Certaines planches montrent clairement les références à Michel-Ange et aux critères représentatifs de la Renaissance.

caché est le ressenti du corps, la reconnaissance des données sensibles que chacun peut éprouver. Toutefois, ce qui est explicité est le fonctionnement détaillé de la machine corporelle en dépit de son unité et de son fonctionnement d'ensemble qui restent dans l'ombre. Le corps montré est un corps- machine, cher à l'esthétique contemporaine, auquel de nombreux artistes s'intéressent aujourd'hui¹². Un détail reste important : ce corps reste bien vivant et actif. L'anatomie est la science des structures du vivant et s'oppose à son contraire, la thanatologie. Comment les images figées traduisent-elles cette idée de vitalité ? Le dispositif médical se charge d'afficher le mouvement par différents moyens :

- 1) la représentation la plus diversifiée des images cadrées selon les perspectives multiples : à chaque fois, le lecteur est invité à s'adapter à différentes projections, à des rotations de perspective, de cadrage, etc.
- 2) l'emploi de la couleur qui souligne, grâce à ces contrastes, ce que le lecteur doit voir. Cela dit, les couleurs, adoptées par convention, restent pour certains organes réalistes, et pour d'autres tout à fait arbitraires.
- 3) l'intra-texte qui est formé par la superposition des dessins et d'autres productions issues de l'imagerie médicale (IRM, tomodensitométrie). Cette alternance amène de la variation dans la pratique de l'observation. Des stimuli différents sont offerts au lecteur.

Avant de quitter les introductions, on terminera sur ces lignes citées dans l'introduction du Kamina (2008 : 3) : « Pouvoir explorer le corps est une grande partie de l'art médical (Hippocrate) ». Les manuels abondent de ces citations qui se réfèrent à la tradition de la médecine, aux pères fondateurs de la discipline et qui permettent de légitimer encore une fois de plus cette pratique qui vient de loin. C'est le cas d'autres phrases comme : « Il suffit cependant de reprendre la lecture des anciens ouvrages d'anatomie humaine de Cruveilhier et de Sappy du siècle dernier et, au début de ce siècle, des traités français comme les Traités de Poirer, de Paturet ou de Testut et Latarjet pour constater que, si l'Anatomie fondamentale reste bien la même et si nous n'avons pas grand chose à ajouter ou à modifier à ce qui a été écrit, les exigences de nos contemporains sont devenues impérieuses sur certains points qui appellent des précisions d'intérêt pratique » (Rouvière & Delmas, 2002 : VII). La citation des grands noms de la médecine reconnus dans ce domaine et l'emploi du pronom personnel « nous » englobe le lecteur dans la corporation des spécialistes qui auto-légitime la science médicale même.

¹² Nous renvoyons à l'esthétique de D. Hirst qui « imite » les procédures médicales pour le découpage des animaux (vaches, requins) et qui cite clairement les modèles anatomiques des écorchés du XVII^e s.

Cependant, les manuels d'anatomie sont divisés en tomes, généralement organisés selon l'ordre suivant : 1) tête et cou 2) tronc 3) membres¹³. L'ordre entre tronc et membres peut être inversé. Cette division, explique Mandressi, est due « à un ordre de la nature et de l'enseignement » et surtout au fait que les parties plus nobles devaient, selon les théories médicales anciennes, se trouver en haut et les plus infimes en bas. Les critères de la pureté ont été à la base de cette structuration corporelle¹⁴. En effet, la connaissance précise des os et de leur enchaînement reste la base de l'anatomie par rapport à celle des muscles, des artères, etc. Une certaine priorité est conférée aujourd'hui au cerveau, au contraire des époques passées qui décrétaient le cœur comme l'organe de référence.

2. Le statut de l'image anatomique et ses représentations du corps

Ce qui a caractérisé depuis le XVI^e siècle l'imagerie classique de l'anatomie est sa proximité avec la peinture académique. Les peintres s'occupaient bien avant cette période de la représentation du corps, mais le lien avec la médecine s'intensifie à cette époque. Les gravures qui mettaient en scène le corps, empruntées au monde artistique, possédaient un rôle pédagogique et scientifique. Ces images étaient caractérisées par des effets artistiques intéressants comme les muscles drapés, les torsions du tronc, la gestualité élégante, etc. L'image classique mettait au centre de ses préoccupations l'étude de la perspective et de la découverte scientifique. Les liens entre représentations artistique et médical du corps possèdent comme base commune l'apprentissage du dessin anatomique. Les différents dessins qui mettent en scène les écorchés et leurs organes internes sont très répandus. Toutefois, bien que cette scopie ait été remplacée par d'autres, nous allons regarder l'icône suivante (Fig. 5) :

¹³ Les choses sont en réalité un peu compliquées. Le Kamina (2008) procède à une division en sections dont chacune comprend l'ostéologie, l'arthrologie, la myologie, les vaisseaux, les nerfs, les régions. La division en tomes est maintenue mais la hiérarchisation des parties n'est plus si rigide. Le Sobotta, par exemple, présente une division qui regroupe tête, cou et membres supérieurs dans un seul volume, et tronc et membres inférieurs dans un second. Le Rouvière & Delmas procède à la séparation en trois tomes dont celui nommé « Tête et cou » est le premier, mais garde les divisions en sections établies par le Kamina.

¹⁴ A ce propos, pour la question de l'hygiène du corps et de ses codes sociaux, nous renvoyons à D. Le Breton, 1999.

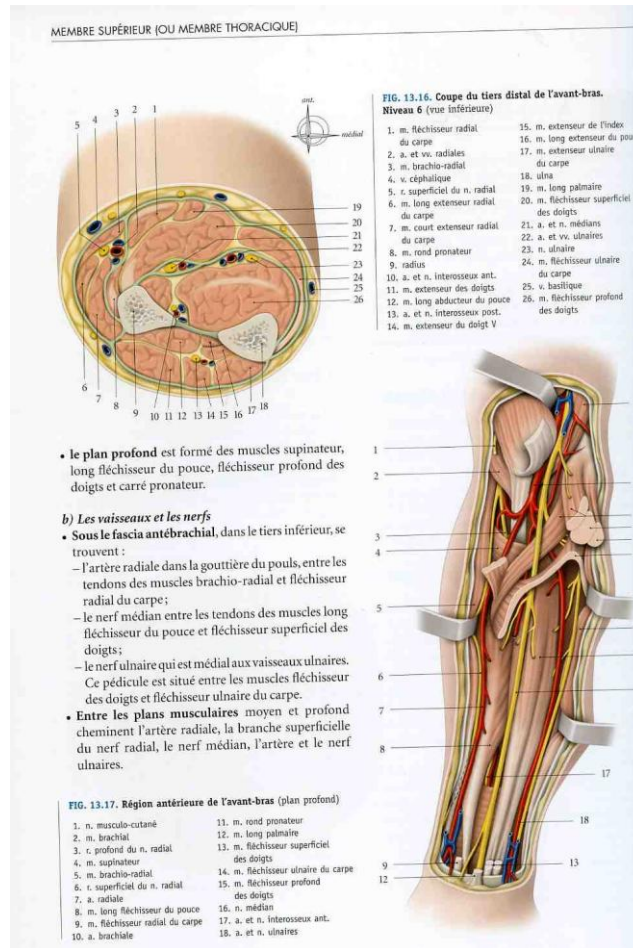


Fig. 5 : P. Kamina, *Anatomie clinique*, tome 1, *Anatomie générale*, Paris, Ed. Maloine, 2008, p. 336. Région antérieure de l'avant-bras.

L'image montre la « Région antérieure de l'avant-bras (plan profond) ». Ce qui est proposé au lecteur est l'objet disséqué, la topographie exacte de la section de l'avant-bras. Ce qui n'est pas souligné est le type de vision qui lui est appliquée : un cadrage frontal qui met en relief la profondeur de cette coupe. Les trois couches de peau s'écartent; comme en peinture, pour souligner cette stratification. Le spectateur devrait se poser idéalement face au bras comme devant à un spectacle. Nous ne retrouvons pas un personnage montrant son bras. Néanmoins, nous avons la présence d'un instrument qui l'affiche pour lui : un gain dilatateur. Cet instrument est manipulé par un *deus ex machina* qui n'est pas dans l'image même, qui se

résume à son faire. Aucune identité précise n'est ici évoquée pour laisser à chaque lecteur la possibilité d'être le médecin qui possède le savoir-faire de la dissection. Notons que les muscles sont gracieusement pliés et que le bras s'ouvre comme un rideau vers le spectateur. Le bras est bien vivant grâce à la pression du gain sur ses parois. L'essentiel est démontré, même si certaines parties restent floues et les veines s'interrompent aux extrémités du bras. L'effet « démonstration » est fourni aussi par les nomenclatures qui articulent au minimum le langage : pas de sujets précis, de syntaxe articulée ; seulement une liste de noms techniques abrégés qui sont liés à la figure par des nombres.

Le problème de la représentation du corps affecte encore aujourd'hui les traités d'anatomie.

La préface à la première édition rédigée par Rouvière est exemplaire : « A côté des figures au lavis ou à l'aquarelle, de nombreux schémas illustrent le texte. On publie trop souvent des schémas ridiculement inexacts, qui sont la caricature du modèle. J'ai soigneusement évité ce défaut ; presque toutes les figures schématiques que je présente sont, en effet, des reproductions simplifiées, mais exactes, de coupes et de préparations » (Rouvière & Delmas, 2002 : 10). L'anatomie est contrainte d'emprunter aux arts plastiques le dessin qui, par définition, est déjà une interprétation du réel, et donc sa « mauvaise » copie¹⁵. Les bords du dessin sont ici bien définis et nets comme pour contenir ce qui est montré. Les bornes montrent le signifiant pour indiquer le signifié, leur contenu. L'action suit un mouvement centripète. Le dessin est ici revalorisé d'une façon positive en montrant la réduction minimale de traits visibles et donc la facilité de compréhension de la complexité du corps. On affiche l'essentiel, ce qu'il y a à voir.

Ensuite, la préface écrite par Delmas, plus récente, ne semble pas écarter la nécessité actuelle de l'image anatomique :

L'iconographie doit, elle aussi, refléter l'esprit nouveau que nous avons souhaité apporter à cet ouvrage. Les images photographiques, radiographiques, tomodensitométriques et aujourd'hui celles qui sont obtenues par la résonance magnétique nucléaire montreront au lecteur que l'illustration des éditions antérieures qui a été conservée, était à la fois exacte, didactique, en

¹⁵ Les sciences humaines attribuent au dessin de toutes autres caractéristiques. A ce propos, J-L. Nancy soutient que : « Le dessin est l'ouverture de la forme. Il l'est en deux sens : l'ouverture en tant que début, départ, origine, envoi, élan ou levée, et l'ouverture en tant que disponibilité ou capacité propre. Selon la première direction, le dessin évoque plus le geste dessinant que la figure tracée ; selon la seconde, il indique dans cette figure un inachèvement essentiel, une non-clôture ou une non-totalisation de la forme. Dessin participe d'un régime sémantique ou l'acte et la puissance sont mêlés, où le sens de l'acte, de l'état ou de l'étant considéré ne peut être entièrement détaché du sens du geste, du mouvement, du devenir » (J-L. Nancy, *Le plaisir au dessin*, sous la direction de J-L. Nancy, E. Pagliano, S. Ramond, Ed. Hazan, Paris, 2007, p. 13). Comme le soutient l'auteur, la forme est l'idée, est l'intelligible. Le dessin devrait transmettre le sens et la vérité. Seulement ce dernier sens semble être attribué au paradigme scientifique.

accord avec la description. Elles apportent encore la preuve que la connaissance du corps humain de l'homme vivant est nécessaire plus encore que celle qui résultait des seules préparations anatomiques (Rouvière & Delmas, 2002 : VIII)

Le passé légitime le présent et ce dernier s'appuie sur la tradition. Le savoir médical semble être construit comme une boucle auto-référentielle. En effet, les atlas employés dans la consultation médicale, comme le Sobotta dont le premier a été rédigé en 1903, tiennent beaucoup à préciser leurs prémices. Dans l'édition de 1999, nous lisons :

Les figures polychromes de ce livre ont une valeur didactique. Les contrastes ont rarement été augmentés sauf, évidemment, lorsque les structures sont naturellement difficiles à reconnaître. Pour les divers tissus et pour les voies de conduction, les couleurs sont également différentes de ce qu'elles sont chez le vivant ou sur le cadavre frais ou embaumé. Les artères sont représentées en rouge, les veines, en bleu, les nerfs en jaune, les vaisseaux et les nœuds lymphatiques, généralement en vert.

Le dessin corporel en médecine est en tension entre sa capacité référentielle et sa capacité d'abstraction qui est justifiée par l'objet même, le corps, qui se présente « naturellement » en strates complexes et difficilement lisibles. La pratique du médecin s'articule, comme le dessin dans une tension entre l'établissement d'un diagnostic constitué par les données sensibles du corps (symptômes) du malade et les connaissances plus techniques et abstraites. La position du médecin comme interprétant permet l'ajustement entre ces deux pôles, réunis ensemble grâce à l'expérience, source primaire de validation de cet équilibre fragile. Une pratique de « bricolage » au sens de Lévi-Strauss, semble être à l'œuvre : la capacité d'agir avec « les moyens du bord » (Cl. Lévi-Strauss, 1960 : 27).

Nous allons conclure cette partie avec un exemple sur les représentations des articulations.

Les photos suivantes (Fig. 6 et 7) représentent les possibilités rotatives des articulations cartilagineuses.

Le dessin anatomique et l'image scientifique

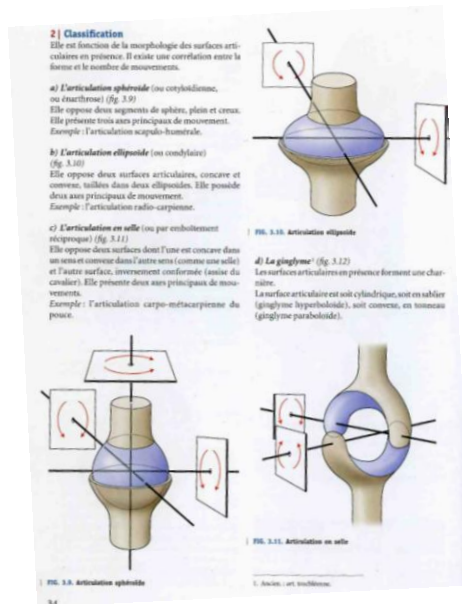


Fig. 6 : P. Kamina, *Anatomie clinique*, tome 1, *Anatomie générale*, Paris, Ed. Maloine, 2008, p. 34. Articulation sphéroïde, ellipsoïde et en selle.

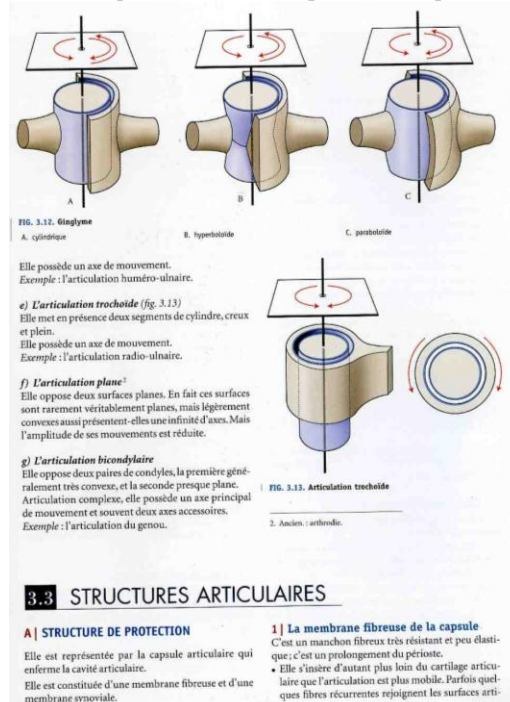


Fig. 7 : P. Kamina, *Anatomie clinique*, tome 1, *Anatomie générale*, Paris, Ed. Maloine, 2008, p. 35. Trois types de ginglyme et articulation trochoïde.

Le texte explique qu'il existe une corrélation entre la morphologie de l'os et ses possibilités rotatives qui sont illustrées à travers les dessins. La surface osseuse en blanc et le tissu cartilagineux en violet¹⁶ (ici par convention non explicitée) montrent le mécanisme de rotation qui englobe les deux. Comme nous l'avons expliqué précédemment, des indicateurs doivent s'ajouter au dessin pour le rendre compréhensible : l'axe de rotation et la direction. Ce qui ne peut pas être vu est exprimé par les potentialités de la ligne hachurée ou reformulé sous une autre perspective comme nous le voyons dans l'image ci-dessus. C'est le contexte qui entoure le dessin et qui fournit une clé de lecture. Plus le dessin rentre dans les détails du fonctionnement du corps, plus ce dernier devient invisible, abstrait et est isolé de son contexte d'appartenance. Paradoxalement, plus le manuel veut rendre « vivant » et crédible le mouvement, plus il est technique et dématérialisé.

3. Le corps entre subjectivation et objectivation

Nous avons cherché à souligner les spécificités du dessin anatomique dans les manuels médicaux et plus généralement la construction du corps dans le paradigme médical. La conception du corps qui en résulte est intéressante. Le corps lui-même recèle les causes cachées de la maladie et il est son siège. Il faut donc savoir l'interroger, d'une manière plus tactile à une époque et aujourd'hui plus virtuelle, pour comprendre ses états dysphoriques. Les différentes techniques d'exploration partent de l'idée de rendre transparent un objet qui ne l'est pas, désir exprimé par l'art contemporain qui met d'ailleurs en scène un corps immatériel. Si comme le dit Mandressi (2003 : 20) : « commence bien une sorte de médecine sans médecin et sans malade, assez sûre d'elle, de plus en plus soucieuse de l'avenir et non d'un passé irrémédiable », qui s'abstrait toujours plus de la sensibilité corporelle, l'image devient la meilleure expression de cette visibilité panoptique que le mot ne permet pas de constituer. La volonté de repérer et d'explorer la profondeur est plus que jamais d'actualité, si l'on considère que les dernières techniques comme la scintigraphie permettent de pénétrer jusqu'au quasi-déplacement moléculaire.

Toute forme de sensibilité et de vitalité fait défaut dans le dessin qui est construit comme une machine qui explique le mouvement. Le corps s'énonce tout seul, il est là pour se montrer et répondre. Le lecteur-médecin reste le seul sujet omniscient qui peut intervenir à chaque moment sur la matière inerte parce qu'il possède un savoir (étude de la médecine) et un faire (apprentissage de la technique) pour y parvenir. Ce qui reste implicite dans ces dessins corporels est l'autre terme caché : le corps sensible que l'être humain possède. Il est nié évidemment par l'anatomie qui se soucie

¹⁶ La même couleur est employée dans les pages successives pour indiquer le *labrum* (anneau marginal qui est placé entre les articulations) et pour le disque articulaire, le ménisque et dans d'autres chapitres du livre, les muscles. Nous rappelons que les cartilages ont une couleur blanc-opale, transparente quand elles sont découpées en lamelles.

paradoxalement d'affirmer son caractère vital, mais il est là pour permettre un parallèle continu avec le réel. Il est là comme la preuve nécessaire de ce discours anatomique qui n'arrive pas à « s'objectiviser » complètement. Le subjectif reste présent comme terme de contraste, jamais apparent, qui est là chez le médecin comme chez l'être humain en général, pour appuyer cette procédure anatomique. Nous pouvons nous abstraire du corps parce que nous en possédons un sensible. A ce propos, F. Dagognet (1984 : 104) prévient : « La maladie, réfractée par le malade, s'obscurcit déjà ; il la singularise tellement qu'il peut la rendre "méconnaissable" ».

Toutefois, le principe de l'œil et la fidélité qui lui sont encore associés, permettent la réification et la manipulation de l'objet corps selon des axes de lecture principaux : le dedans /dehors, le haut/bas, les strates multiples et l'avant/arrière. Chaque partie peut rentrer dans cette grille selon sa morphologie, sa substance, son emplacement, etc.

Le discours scientifique possède, dans notre cas, une structure à trois termes : l'image (texte au sens plus large), la pratique expérientielle et le médecin interprétant. Toutefois, ces actants appartiennent à des niveaux sémiotiques différents (texte, pratique, sujet) qui, jusqu'à ces derniers temps, étaient conçus comme séparés. En outre, l'image artistique a été interrogée sous cet aspect triadique. En effet, elle a été traitée comme autonome, dans la majeure partie des cas ou en lien avec son créateur (psychologie de l'art, problème de l'autographie). Autrement dit, elle a été étudiée pour ses caractéristiques techniques toujours désincarnées de sa source de production : le geste pictural. Pour l'image scientifique, ces trois niveaux du plan de l'expression peuvent difficilement se dissocier vu qu'ils s'entrelacent, s'englobent et se dépassent l'un l'autre.

Enfin, le discours scientifique se positionne entre deux tensions. D'une part, nous assistons au dépassement du passé nécessaire pour se projeter vers un avenir qui implique un renouvellement continu de l'imagerie transformant les images en méta-images (IRM, etc.). De l'autre, nous constatons l'exigence, pour la médecine, de se relater à un passé qui doit se réactualiser à chaque fois dans ses fondements : la certitude que le squelette du corps humain n'a pas connu de modifications consistantes.

Bibliographie

- H. Burne, *Le dessin anatomique facile*, Taschen, Köln, 1993.
J.-J. Courtine, G. Vigarello & alii, *L'histoire du corps, Tome 3. Les mutations du regard, Le XX^e siècle*, Seuil, Paris, 2006.
A. Delmas & H. Rouvière, *Anatomie humaine descriptive, topographique et fonctionnelle*, Ed. Masson, 2002.
F. Dagognet, *Philosophie de l'image*, Ed. J. Vrin, 1984.
Michel de Certeau, *L'écriture de l'histoire*, Gallimard, Paris, 1975.
M. G. Dondero, « L'image scientifique : de sa production à sa manipulation », *Visible*, Pulim, Limoges, à paraître, p. 3.
P. Kamina, *Anatomie clinique. Tome I*, Ed. Maloine, 2008.

- J. Fontanille, « Textes, objets, situations et formes de vie. Les niveaux de pertinence du plan de l'expression dans une sémiotique des cultures », in *Transversalité du Sens*, Denis Bertrand & Michel Costantini, dir., Paris, P.U.V., 2007.
- J. Fontanille, *Pratiques sémiotiques*, Puf, 2008.
- D. Le Breton *La Chair à vif*, Métailié, Paris, 1999.
- Cl. Lévi-Strauss, « La pensée sauvage », Plon, Paris, 1960.
- R. Mandressi, *Le regard de l'anatomiste. Dissections et invention du corps en Occident*, Ed. du Seuil, Paris, 2003.
- J-L. Nancy *Le plaisir au dessin*, (sous la dir de) J-L. Nancy, E. Pagliano, S. Ramond, Ed. Hazan, Paris, 2007.
- R. Putz et R. Pabst, *Atlas d'anatomie humaine Sobotta. Tome 1*, sous la direction de A. Dhem, A. Gouazé, Ed. Technique & Documentation, 2000.

Biographie

Nanta Novello Paglianti est Maître de Conférences à l'Université de Franche-Comté où elle enseigne la communication et la sémiotique des médias. Elle travaille sur la sémiotique de l'image, l'esthétique et sur les représentations du corps. Elle a co-dirigé avec A. Beyaert-Geslin (2005) et avec M. G. Dondero (2006) la revue *Visible, L'hétérogénéité du visuel*, Limoges, Pulim. Ses contributions les plus récentes : « La sémiotique des médias et ses objets », avec E. Mitropoulou, *E/C*, revue de l'Association italienne de sémiotique, 2011 ; B. Darras « Objets et communication », revue *MEI*, n° 31, L'Harmattan, 2010 ; Cristaldi L. (sous la dir. de), « Les enjeux corporels d'une thérapie psychomotrice : une approche sémiotique de la psychose », *RIFL Corpo e Linguaggio*, 2/2010 ; M. Tamisier & M. Costantini (sous la direct. de), « Les parcours corporels des images de O. T. », *Opinion, Information, Rumeur, Propagande*, L'Harmattan, 2009 ; Galinon-Méléne B., Juchat Martin F. (sous la dir. de) « L'art Brut et les esthétiques du corps » in *Le corps communicant*, Paris, L'Harmattan, 2008.

Erratum

La face cachée des diagrammes d'Euler

Amirouche MOKTEFI
IRIST (Université de Strasbourg) /
Archives H. Poincaré (Nancy-Université)

Dans l'article « La face cachée des diagrammes d'Euler » (*Visible*, n° 7, 2010, pp. 149-157), le diagramme [7], page 156, doit représenter un cercle, correspondant aux classes x et m , inclus à l'intérieur d'un cercle correspondant à la classe y seule, comme le montre la figure suivante :

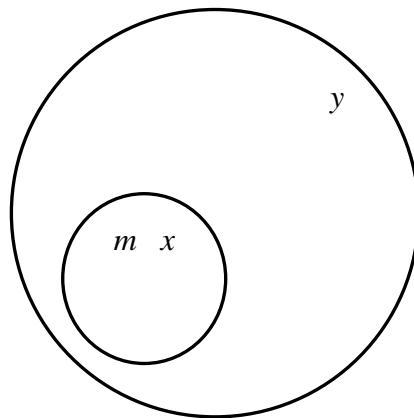


Table des matières

<i>Préface : Définir l'image scientifique</i> Catherine Allamel-Raffin, Amirouche Moktefi	7
<i>Le statut sémiotique de l'image. Rapport d'expérience sur l'intersémiotique dans le discours scientifique (second volet)</i> Sémir BADIR	11
<i>Éléments de méthodologie pour l'étude des images scientifiques</i> Anouk BARBEROUSSE	31
<i>L'iconographie du volcan à la croisée des disciplines : représentations savantes et vues pittoresques dans la Dation Krafft</i> Bettina BÉLANGER	47
<i>Images scientifiques, méréologie, couleur. Une mise à l'épreuve du postulat de l'exploration</i> Anne BEYAERT-GESLIN	57
<i>Évolution du statut de la carte au sein des publications scientifiques</i> Claire BIRCHENALL	71
<i>Le « cycle de l'image » selon Gilbert Simondon. Une définition génétique de l'image scientifique</i> Vincent BONTEMS	89
<i>Image, événement, présupposition</i> Jean-François BORDRON	105
<i>Les images de communication chez les scientifiques : la tâche et l'outil</i> Luc DESNOYERS	121
<i>Le diagramme entre perception visuelle et mathématique</i> Maria Giulia DONDERO	137

<i>L'image scientifique comme lieu de travail</i> Francis EDELINÉ	167
<i>Vers une classification diagrammatique</i> Valeria GIARDINO	185
<i>Nom et image comme rites de la technoscience</i> A. GRINBAUM	203
<i>Le dessin anatomique et l'image scientifique</i> Nanta NOVELLO PAGLIANTI	215
Erratum : <i>la face cachée des diagrammes d'Euler</i> Amirouche MOKTEFI	233
Table des matières	235

Visible est une revue de sémiotique visuelle mise en place par le CeReS (Centre de recherches sémiotiques) 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 (Limoges, Bologne-Venise, Liège), 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 huitième numéro est consacré aux journées d'étude de Strasbourg intitulées *Définir l'image scientifique*.



ISBN : 978-2-84287-561-9

ISSN : 1778-042X

20 €