

DE L'IMAGE A L'IMAGERIE SCIENTIFIQUE¹

APPROCHE SEMIOTIQUE

JACQUES FONTANILLE
Université de Limoges
Institut Universitaire de France

Introduction

Pour la sémiotique dite « visuelle », « planaire » ou « de l'image », il semble bien que le temps de l'innocence soit révolu. L'innocence, en l'occurrence, consiste à postuler que le dispositif technique producteur de l'image, et plus généralement le *modus operandi* de la création visuelle, n'aurait aucune incidence sur sa signification. Même dans le domaine de la sémiotique picturale, la peinture « gestuelle », par exemple celle de Pollock, a su jeter le doute, et a encouragé les sémioticiens à s'intéresser à la trace, aux propriétés cinétiques et sensibles de l'empreinte gestuelle, et pas seulement des seuls formants plastiques et à leur composition statique.

L'« innocence » est encore possible quand le *modus operandi* est « transparent », c'est-à-dire quand il semble entièrement accessible à travers le dispositif visuel à soumis au faire interprétatif. On peut alors donner de l'interprétation visuelle une description conforme à la pratique herméneutique telle que la tradition philosophique l'a définie : dans nos propres termes, la pratique interprétative serait une expérience qui consisterait à réactualiser les conditions de l'expérience productive, en somme une « stratégie » d'accommodation entre deux expériences, par la médiation d'une sémiotique-objet de nature textuelle, une image.²

Mais dans le cas de ce qu'on pourrait appeler les « nouvelles images », pour faire bref, toutes celles qui sont issues soit d'une synthèse soit d'une manipulation informatique, l'accommodation entre les deux expériences fait problème, dans la mesure où l'interprétation se trouve nécessairement déconnectée du processus de production ; plus précisément, l'expérience visuelle procurée par ces nouvelles images ne consiste pas à s'accommoder à l'expérience productive. On est donc conduit à inverser le raisonnement : si l'analyse de l'image ne parvient pas à prendre compte les effets de sens induits par le dispositif technique, c'est que le niveau d'analyse retenu n'est pas le plus pertinent.

Le cas de l'image scientifique, et plus précisément de l'imagerie scientifique, complique encore la difficulté, puisque d'une part, les images produites sont entièrement artificielles, de pures fictions visuelles qui ne correspondent à aucune expérience visuelle directe, alors que d'autre part, leur rapport à la réalité physique, c'est-à-dire à leur référent mondain, est du plus haut intérêt, dans la mesure où, si aucun référent mondain ne leur était

¹ Toutes les images non référencées sont extraites de banques d'images scientifiques libres de droits sur internet.

² Cette formulation est un écho indirect de la conception selon laquelle l'interprétation consisterait à renouer le contact avec une « vie psychique étrangère ».

assignable, elles perdraient toute valeur d'un point de vue scientifique. L'interprétation de l'imagerie scientifique ne consiste pas à s'accommoder avec une expérience de production de l'image, ne serait-ce que parce que la production de l'image ne repose pas, dans la plupart de ces images, sur une expérience visuelle.

Ce sont en quelque sorte des images qui dissocient par principe l'effet iconique et l'illusion référentielle – elles ont toutes les propriétés iconiques nécessaires pour être identifiables et reconnaissables, mais elles ne renvoient à aucun référent visuel –, et pourtant, tout en renonçant à l'illusion (ou même à l'impression) référentielle, elles sont supposées rendre compte, sous de strictes conventions, d'états ou d'événements physiques attestés par ailleurs. On doit alors considérer à la fois que leur valeur iconique est décisive – la reconnaissance des formes est nécessaire à la décision et à l'action – et que la valeur référentielle, elle aussi indispensable, ne repose sur aucune illusion ou impression visuelle.

On voit bien que dans ce cas, la relation entre la valeur de reconnaissance iconique et l'impression référentielle étant rompue (ou fictive), une autre relation est établie, entre la reconnaissance iconique et l'état ou l'évolution d'un système physique, et que cette relation, fortement contrainte et conventionnelle, est assurée par le dispositif technique, ou du moins par les conditions et paramètres qui caractérisent à ce dernier. En somme, le calcul référentiel remplace ici l'impression référentielle.

Pour s'engager dans une approche sémiotique de l'imagerie scientifique, il faut donc donc d'abord s'approprier le fonctionnement sémiotique spécifique des différents types de dispositifs techniques.

Techniques d'exploration et transduction sémiotique

LES DIFFERENTES TECHNIQUES

LA PHOTOGRAPHIE AUX RAYONS X

Ce procédé a été mis au point en 1895 par Wilhelm Konrad Röntgen ; il procure une image interne d'objets transpercés par les rayons X, produits par des tubes de Crookes et de Geisler. Le faisceau de rayons est modifié par le passage dans les objets, et les rayons modifiés, selon une modulation paramétrable, sont projetés sur un film qui en conserve l'empreinte, sous la forme de plages plus ou moins claires ou sombres, distribuées dans le plan du cliché.

Le code de base de l'image est l'inverse de celui d'un négatif photographique, à savoir que les zones sombres correspondent aux obstacles rencontrés par le rayonnement, et les zones claires correspondent aux parties de l'objet traversées sans obstacle. Le système semi-symbolique, reposant sur la relation entre deux contrastes, entre le clair et le sombre, d'une

part, et le vide et le plein, d'autre part, renvoie donc, du côté du dispositif technique, à un principe de différenciation des variations de la pénétrabilité d'un corps soumis aux rayons X, lesquelles seraient de ce fait, au niveau de la substance du contenu, interprétables comme des variations de la « densité » matérielle de ce corps, densité spécifique à l'exploration par les rayons X.

L'objectif de ce type d'image est de montrer la « présence » de telle ou telle partie à l'intérieur du corps examiné ; elle a donc une valeur argumentative, celle d'une « preuve », sous les trois formes principales de la sémiologie : comme « indice » (la présence visuelle est un indice de la présence physique) ; comme icône (la présence visible a une forme typique identifiable, ou même reconnaissable) ; comme symbole (les deux types de présences ci-dessus sont contraintes par des paramètres, des conditions propres au dispositif technique : la forme visuelle présente et identifiable n'est la forme de ce ceci ou de cela que sous telle ou telle condition d'angle, de rayonnement, etc.).

TOMODENSITOMETRIE PAR SCANNER

Le principe est celui de l'exploration par les rayons X, à la différence que :

- la source de rayonnement est enveloppante et tournante
- le signal de sortie est conservé non par empreinte sur un film, mais par des capteurs qui le convertissent en signal informatique utilisable en machine, pour la production d'images de synthèse.

Chaque exploration analyse une « coupe » de l'ensemble du volume d'un objet, et c'est cette coupe qui est ensuite synthétisée comme image.

Dans ce cas, toutes les propriétés sémiotiques de l'image (présence de telle ou telle partie, identification, paramètres et conditions de l'interprétation) sont médiatisées par le dispositif technique, notamment celui de la synthèse des différentes « coupes » photographiques, qui permet la reconstitution de la présence en relief et en volume de l'objet. Autrement dit, la reconnaissance iconique se renforce ici d'une pseudo-impression référentielle (la représentation en 3D), qui elle-même est le produit d'une reconstitution paramétrée et purement « fictive ».

Le paradoxe de l'imagerie scientifique en 3D, c'est que, plus elle renforce sa puissance d'évocation iconique, moins elle peut revendiquer une illusion référentielle, moins elle est crédible en tant que « représentation » du système physique. On doit alors en conclure que cette puissance iconique obtenue à grand renfort de sophistication informatique a une valeur purement rhétorique : une force de persuasion et de détermination modale supplémentaire à l'intérieur d'un processus de décision en vue de l'action.

SCINTIGRAPHIE

Ce procédé consiste en une injection d'un produit radioactif qui se fixe de manière passagère et spécifique sur des « cibles » prédéterminées ; ces cibles sont en général des

objets indésirables dont la présence est nocive. C'est alors le choix du vecteur radioactif (iode radioactif pour la thyroïde, thallium radioactif pour le muscle cardiaque, etc.) qui détermine le type d'objet-cible visé. Le signal de sortie résulte de la mesure des signaux radioactifs émis : au-dessus d'un certain seuil du signal, on considère que la présence de la cible est attestée ; ce signal de sortie est ensuite « traduit » visuellement sous la forme d'une « cartographie » des cibles de fixation de la radioactivité.

Ce type d'imagerie ne vise aucune reconnaissance iconique, ne reconstitue pas de formes, mais atteste de la présence localisée de « cibles » spécifiques, et prédéterminées, en quelque sorte comme hypothèses de travail. L'image obtenue a donc le même statut sémiotique qu'une « carte » géographique : les entités qu'elle assemble sont déjà connues et attendues, et leur visualisation consiste à situer, dans une table de localisation paramétrée, des cibles qui, une fois localisées les unes par rapport aux autres, forment une topographie. La présence et sa localisation étant décidées en fonction du seuil minimal affecté au signal radioactif, elle a donc un statut physique sans corrélat visuel, c'est le dispositif technique de transduction sémiotique qui la convertit en présence visuelle.

Le paradoxe évoqué ci-dessus fonctionne toujours, mais en sens inverse : l'image renonce ici à l'effet de reconnaissance iconique, mais elle procure en même temps, sinon une impression référentielle liée à ce qui se donne à voir, du moins une croyance référentielle, la croyance en une présence plausible car mesurable (le calcul sous-jacent et automatisé fonde, par raccourci modal, la croyance). La transduction visuelle a donc là aussi une fonction purement argumentative : c'est une incitation éventuelle à agir, à intervenir, à tenter d'éliminer ces cibles, si elles sont supposées indésirables.

IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE

Ce phénomène a été décrit par Bloch et Purcell en 1946, qui ont été récompensés par le prix Nobel en 1952. Mais ce n'est qu'en 1973 qu'on en a extrapolé un système opérationnel pour une exploitation en imagerie.

Le fonctionnement du système repose sur le fait que les corps vivants sont composés à 80% d'eau, et donc d'atomes d'hydrogènes, qui ne comportent qu'un seul proton, sur lequel on peut agir spécifiquement grâce à un champ magnétique. Le tunnel d'examen est constitué :

- d'un aimant puissant qui oriente les atomes d'hydrogène selon un axe donné, stabilisé pour la durée de l'examen (il modifie, oriente et homogénéise le « spin » des protons) ;
- d'une antenne radio de courte fréquence qui modifie ponctuellement (c'est le temps dit d'excitation) l'orientation des protons qui a été homogénéisée et stabilisée préalablement par l'aimantation ;

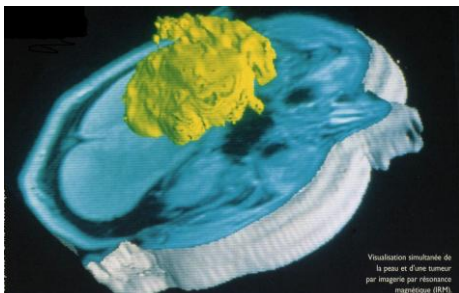
Après excitation, les protons reprennent leur orientation stable initiale (c'est le temps dit de relaxation) : ce retour à la position initiale dégage une énergie (qui est proportionnelle à celle qui a été nécessaire pour l'excitation) et cette énergie de relaxation est captée par une autre antenne, et mesurée : c'est le signal de sortie de l'IRM. L'ensemble des signaux obtenus

est traité par ordinateur pour produire des informations à volonté, mais chaque séquence d'excitation/relaxation ne procure qu'une « section » transversale de dimension atomique.

L'information procurée est celle de la « densité d'hydrogène » (par l'intermédiaire de des différences d'intensité de l'énergie de relaxation, différences distribuées dans le plan de coupe) ; il faut donc, lors de la transduction visuelle, que la densité d'hydrogène soit convertie en densités variables de plages claires et sombres. Les versions les plus sophistiquées sont même conçues pour distribuer des contrastes chromatiques, en fonction des types de substances identifiables. C'est ainsi qu'un ensemble de réseaux de neurones en activité dans un cerveau humain peut avoir l'allure, en traduction visuelle produite par IRM, d'une inflorescence artificielle et fantastique.

L'interprétation visuelle consiste alors à attribuer aux contrastes de saturation et de couleurs une valeur de correspondance avec des contrastes de densité de matière, et avec des contrastes de substances. Mais du point de vue du dispositif technique, le contraste discriminant est toujours la variation de la densité de l'atome d'hydrogène.

Pour être en mesure d'identifier des objets interprétables, il faut en outre, tout comme dans la tomographie par scanner :



*Section optique de peau et tumeur
IRM*

- obtenir une série de couches par une série de séquences excitation / relaxation ;
- traiter ces séries par ordinateur, pour produire l'image de synthèse de la « cartographie » de la variation de densité d'hydrogène ;

comme cette cartographie est continue (à la différence de celle obtenue par la scintigraphie), elle peut même, par traitement informatique approprié, être optimisée

pour un meilleur « rendu » visuel des formes, et permettre la reconnaissance iconique des formes, voire des processus. Dans l'exemple ci-contre³, le résultat de la transduction visuelle a fait l'objet de deux opérations complémentaires : (i) une sélection qui permet de mettre en évidence un « fond », une section optique de peau, et une « figure », une tumeur en relief ; la sélection élimine toutes les substances qui environnent la tumeur, et qui semble ainsi « flotter » dans le vide ; (ii) une colorisation accentue le contraste entre le « fond » et la « figure ».

ECHOGRAPHIE

Cette technique se développe à partir de 1970, sur le principe de l' « écho » sonore, mais avec des ultrasons, de très courte fréquence, et pour des objets-obstacles très rapprochés. Une sonde émet des ultrasons, et reçoit (+ ou -) immédiatement leur écho transformé ; l'ordinateur analyse les transformations et calcule la forme des obstacles ; une image de

³ « Qu'est-ce qui résonne en RMN ? », *Ulp-Sciences*, Strasbourg, Université Louis Pasteur, n°26, 2007, p. 8.

synthèse est projetée sur écran en temps réel ; le gel de contact étendu sur la surface du corps examiné est destiné à améliorer la transmission des ultrasons.

Ce type d'imagerie se présente pour l'essentiel comme un système de transduction sémiotique en temps réel, d'utilisation immédiate, pour des explorations non invasives, et qui ne demandent ni grossissement ni précision. En effet, la distorsion due au dispositif technique est importante, car elle implique deux étapes de transduction : (i) chaque forme potentiellement « visuelle » est convertie en obstacle « ultra-sonore », (ii) les ultra-sons modulés et renvoyés sont eux-mêmes convertis à nouveau en forme visuelle.

Il s'agit seulement d'identifier la présence des parties d'un corps, d'un organe ou d'un fœtus, de repérer des anomalies ou des formes indésirables. Dans ce cas, la reconnaissance iconique et l'illusion référentielle vont de pair, et, en outre, elles sont également imparfaites et pourtant indispensables (i) parce que les formes identifiées doivent pouvoir être confrontées à des formes canoniques attendues, et (ii) parce que les éventuelles différences entre les formes constatées et les formes attendues doivent pouvoir expliciter, et de manière discriminante, être attribuées soit au corps examiné, soit aux distorsions dues au dispositif d'exploration.

MICROSCOPE OPTIQUE

Le principe de la microscopie repose sur un jeu de lentilles grossissantes en lumière naturelle ou artificielle directe : l'observateur est supposé, dans les versions de base, « voir » l'objet à travers ces lentilles. Le principal problème lié à ce type d'imagerie est la limite imposée à la profondeur de champ, c'est-à-dire les deux plans de profondeur entre lesquels, pour un grossissement donné, il est possible d'obtenir une image nette : plus le grossissement est fort, plus la profondeur de champ est réduite.

Mais cette proportionnalité a une limite qui dépend de la technique utilisée : la limite de résolution, qui est formulée par la loi dite de Raleyght ; cette loi dit que les plus petits détails ne peuvent être de taille inférieure à la moitié de la longueur d'onde d'éclairement, qui elle-même est déterminée par la technique d'excitation de l'objet, c'est-à-dire par la taille et la longueur d'onde du type de particule utilisée pour l'excitation. Cette limite de résolution est donc aussi une limite de grossissement et de proportion ; en microscopie optique, cette limite dépend de la taille du photon ultra-violet, et elle est égale à $0,25 \mu\text{m}$.

Par conséquent, la limitation de la profondeur de champ est le prix à payer pour le grossissement ; le grossissement étant un instrument de la reconnaissance iconique (il permet d'identifier des formes), et la profondeur de champ étant, tout comme tous les procédés 3D, une des propriétés de l'illusion référentielle, la microscopie est donc un cas de tension inverse entre l'identification iconique et l'illusion référentielle. En bref, plus on découvre et plus on voit, et moins on peut y croire. Cette tension sémiotique, qui découle d'une règle

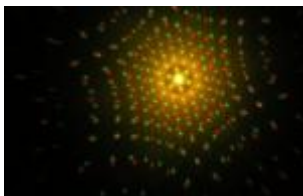


Algue verte
Microscope optique

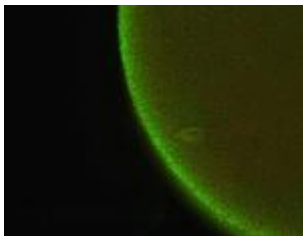
technique, est par ailleurs renforcée par quelques stéréotypes propres à l'imaginaire de l'exploration de l'infiniment petit, qui donne le sentiment d'explorer un monde interdit, obéissant à des normes et à des principes différents de ceux et celles du monde de l'expérience quotidienne.

MICROSCOPE CONFOCAL A BALAYAGE LASER

Cette technique (MCBL, ou CLSM = Confocal laser scanning microscope) a été inventée par Minsky en 1953, mais elle n'est disponible en laboratoire et opérationnelle que depuis 1980. Il s'agit d'un microscope optique, mais dont l'éclairage fluorescent est produit par un laser à lumière blanche ; il est dit « confocal » (= monofocal) parce qu'il comporte un système de focalisation fine de l'éclairage qui permet un balayage photonique sur un seul plan à la fois ; c'est donc un autre type d'imagerie qui procède par couches ou « coupes ». En bref, c'est donc un microscope à fluorescence auquel on ajoute un système pour la focalisation du rayon laser.



Diffraction
Faisceaux laser



Chondrocytes
Microscope à fluorescence

La profondeur de champ, appelée ici « section optique », est très faible (600 nm), mais elle est voulue comme telle, sachant qu'en microscopie optique c'est le prix à payer pour le grossissement. Mais le contrôle de la focalisation autorise une multiplication fine des focalisations, et donc une segmentation de la profondeur de l'objet en plusieurs plans très rapprochés (plusieurs sections optiques concomitantes). L'image de l'objet est alors recomposée par ordinateur à partir des différentes sections optiques, ce qui permet, par accumulation, de donner une profondeur d'égale précision et un effet 3D. A la différence du microscopie optique ordinaire, toutes les images qui sortent d'un tel système sont numériques (photons > photorécepteurs > signal numérique > traitement informatique); l'observateur ne « voit » donc pas l'objet grossi, mais seulement le résultat d'une transduction informatique.

Rappel : la *tomographie numérique* repose sur le même principe, mais appliqué en lumière directe, non fluorescente et non laser, qui permet par agglomération de nombreuses sections optiques, d'obtenir pour des grossissements moindres, un excellent rendu 3D par traitement informatique : c'est le principe du scanner.

La microscopie confocale compense l'une des difficultés de la microscopie optique : dans ce cas, en effet, la tension inverse entre la reconnaissance iconique (par grossissement) et l'illusion référentielle (par effet 3D) est suspendue. On augmente la reconnaissance iconique par un grossissement qui annule pratiquement la profondeur de champ ; en somme, la focalisation laser permet d'optimiser le grossissement sans se préoccuper de la profondeur de

résolution (qui est quasi nanométrique), et la synthèse de sections optiques reconstitue une profondeur de champ indépendamment des contraintes imposées par le grossissement.

Paradoxalement, une telle image, qui ne connaît plus la tension entre reconnaissance iconique et illusion référentielle, semble appartenir au monde de l'expérience quotidienne, et, confrontée à l'image procurée par la microscopie classique, tout se passe comme si le monde de l'infiniment petit était doté des propriétés sémiotiques du monde de l'expérience quotidienne, mais au prix d'une double illusion (illusion iconique par grossissement + illusion référentielle par effet 3D reconstitué).

MICROSCOPE ELECTRONIQUE

Rappelons que la limite de résolution en microscopie, définie par la loi de Raleyght, fait dépendre la limite du grossissement possible de la taille des particules d'excitation de l'objet : les plus petits détails ne peuvent être de taille inférieure à la moitié de la longueur d'onde d'éclairement.

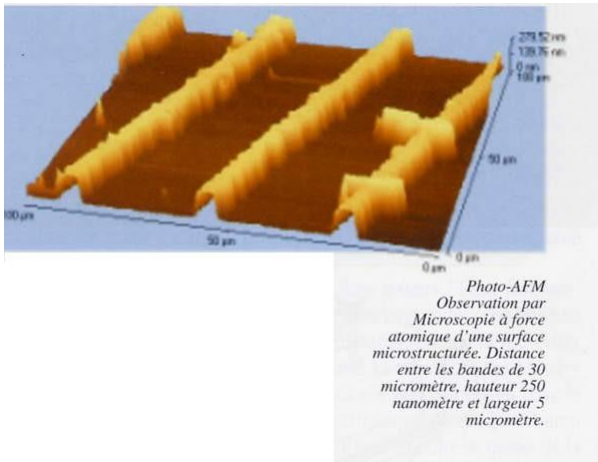
Le passage de la microscopie optique à la microscopie électronique est motivé par cette loi, et il consiste à remplacer le photon par l'électron ; la limite optique dépend de la taille du photon ultra-violet, et elle est égale à $0,25 \mu\text{m}$; comme par exemple les structures internes des cellules vivantes sont de taille inférieure, elles restent invisibles en microscopie optique. En microscopie électronique, on utilise par conséquent une particule dont la longueur d'onde est plus courte, l'électron, ce qui repousse donc la limite de résolution, et du grossissement, dans les valeurs nanométriques. La limite électronique est donc d'ordre nanométrique.

On distingue les techniques suivantes :

- Le *microscope électronique à transmission*, qui se caractérise par le fait que (i) le faisceau d'électron est émis par un canon à électrons, et qui traverse l'objet, lequel absorbe plus ou moins cette projection électronique ; et que (ii) les électrons non absorbés activent un écran luminescent situé derrière la préparation.

Ce principe de transduction visuelle a déjà été rencontré : la densité de plages claires ou sombres sera donnée comme correspondant à des densités de matières variables, sous contrôle de l'excitation de niveau électronique ; mais la différence, notamment avec l'exploration par les rayons X ou par les ultra-sons, c'est que cette densité de matière ne correspond à aucune expérience sensible imaginable : l'exploration par rayons X ou ultra-sons (de même que celle propre à l'IRM) est ainsi conçue pour ne pas être invasive, mais les objets et substances qu'elle décèle pourraient tout aussi bien être identifiés par une exploration visuelle directe, mais invasive ; en revanche, l'exploration électronique donne à voir des variations de densité matérielle inaccessible à quelque exploration directe que ce soit ; en conséquence, la distinction entre exploration invasive et non invasive n'a plus ici aucun sens.

- Le *microscope électronique à balayage*, qui implique (i) le même principe, mais avec intervention d'électrons secondaires du côté exposé de la préparation ; (ii) et une moindre résolution, mais avec un effet 3D plus spectaculaire.



La microscopie électronique rencontre donc elle aussi, quoique à des niveaux de grossissements bien supérieurs, la même difficulté et la même tension que la microscopie optique, et elle tente elle aussi de la résoudre.⁴ Mais comme on ne sait pas produire des « sections électroniques » comparables aux sections optiques, on doit utiliser une autre technique (le « balayage »), pour obtenir un effet 3D.

Globalement, le principe de la microscopie électronique peut être rapproché notamment, d'un point de vue sémiotique, de l'échographie, dans la mesure où dans les deux cas on change de type de signal au cours du processus de production, l'effet visuel final n'ayant pas pour origine un signal lumineux (excitation par ultra-sons dans un cas, excitation par un faisceau d'électrons dans l'autre).

L'imagerie scientifique nous contraint par conséquent à élargir le principe de base selon lequel l'image participerait d'une sémiotique du « visible » à deux titres : (i) d'une part en raison du canal sensoriel qui exploite le plan de l'expression, et (ii) d'autre part en raison de la nature substantielle de l'actant d'énonciation : la lumière. La seconde clause est remise en question dans le cas de l'imagerie scientifique, puisque l'exploration « photonique » n'est qu'un cas particulier de l'exploration en général.

L'acte d'énonciation étant posé comme une *exploration*, l'instance *ab quo* de l'énonciation doit être (provisoirement) redéfinie comme *un principe d'excitation* : les formes, les matières et les surfaces sont « explorées-excitées » par un type de particule, et c'est la réponse à cette excitation qui peut être exploitée pour produire des « images », elles-mêmes saisies par l'instance *ad quem* de l'énonciation, l'instance de *réception*.

L'exploration photonique est donc un cas particulier d'excitation, mais c'est celui sur lequel repose notre expérience sensorielle quotidienne, organisée à partir de l'action et des jeux de la lumière dans le monde naturel ; c'est aussi celui qui fonde implicitement la sémiotique dite « visuelle », en ce sens que le mode d'excitation et le mode de réception seraient substantiellement homogènes : une excitation photonique d'un côté, une réception visuelle de l'autre, et le rayonnement lumineux entre les deux. Certes, un code culturel s'impose entre la réception et l'interprétation, mais il n'affecte pas la « naturalité » de l'exploration, les deux instances étant substantiellement isotopes.

⁴ « Biotray : vers des laboratoires sur puce 'clés en mains' », *Isotopes*, Lyon, Université de Lyon, n°42, 2006, p. 21.

L'imagerie scientifique exploite d'autres modes d'excitation, et, en raison de leur hétérogénéité avec la réception visuelle, elle doit mettre en œuvre de complexes processus de transduction visuelle. Elle implique de ce fait même deux moments de codage différents : (i) un codage culturel nécessaire à l'interprétation, et (ii) un codage substantiel, nécessaire à la transduction propre à l'exploration, entre le mode d'excitation et le mode de réception. Cette hétérogénéité et ce codage substantiels « dénaturent » l'exploration, dont on ne peut plus dire au sens classique qu'elle est « visuelle », puisque la dimension visuelle n'est que le produit final de la transduction. Si on suppose en outre que la « foi perceptive » repose sur l'homogénéité substantielle du processus d'exploration, ces cas d'hétérogénéité substantielle modifient le statut de la croyance ; et plus le processus de transduction est complexe, plus la croyance dans l'imagerie scientifique s'éloigne de la croyance dans l'image standard.

MICROSCOPE A EFFET DE TUNNEL

Cette technique plus récente (STM, « Scanning Tunneling Microscope), est une invention de Binnig et Rohrer, en 1981, qui leur a valu le prix Nobel de physique en 1986. Ce type de microscope est dit « en champ proche », ce qui signifie que le mode d'excitation est un quasi-contact, une sorte d'équivalent nanométrique de la palpation tactile.

On pourrait dire aussi, par métaphore, qu'il comporte un dispositif de « lecture » similaire à l'aiguille d'une platine audio pour disques vinyl : une micro (ou nano)-pointe (le palpeur) suit la surface de l'objet, et en « scanne » la morphologie, à une distance de quelques dixièmes de nanomètres. En effet, la notion de « contact », à dimension nanométrique, n'a pas le même sens que dans le monde des phénomènes naturels et de notre expérience sensible ; un contact nanométrique n'est évidemment pas un contact, puisqu'à dimension nanométrique, la nature est essentiellement composée de vide, et par conséquent le contact nanométrique ne peut être qu'une distance minimale mesurable. Une « pointe en contact » avec le profil matériel d'un objet à explorer est donc une pointe dont on s'assure qu'elle se maintient à une distance connue et constante des formes de l'objet.

S'assurer du contact, pour obtenir un profil d'objet exact et conforme, cela revient en d'autres termes à s'assurer de la régularité de la distance nanométrique entre le palpeur et la surface explorée ; cette régularité est contrôlable grâce à l'« effet tunnel », qui donne son nom au procédé. Entre la structure atomique de l'objet et le palpeur, un « effet de tunnel », de type quantique, produit un courant électrique de très faible intensité, mesurable et contrôlable, et qui résulte de l'« excitation » des électrons superficiels par le mouvement de la pointe d'exploration. L'intensité du courant électrique dans le « tunnel » est réglée pour rester constante, et la mesure du mouvement de la pointe indique donc alors strictement le profil subatomique de l'objet.

Toutes les images nanométriques qui sortent du système sont évidemment des images de synthèse, et ce type d'exploration est *le début des recherches nanométriques et des nanotechnologies.*

Ce dernier type d'exploration confirme l'hypothèse selon laquelle, même si le plan d'expression terminal (du côté de la réception) est de type visuel, l'instance *ab quo* est un acte d' « excitation » superficielle de l'objet à explorer. La microscopie quantique atteint probablement les limites actuellement imaginables, puisqu'elle se fait aux plus petites dimensions possibles de l'exploration physique, d'une part, et qu'elle est nécessairement invasive, en raison du contact et de l'effet tunnel, d'autre part. Ces limites sont aussi celles de la croyance (cf. supra), dans la mesure où le mode d'excitation est aussi éloigné que possible du mode de réception.

TYPLOGIES ET COMMENTAIRES

TYPLOGIES DES SIGNAUX

- rayons X : radiographie et scanographie
- radio-activité et rayons gamma : scintigraphie et tomographie par émission de positrons (TEP)
- ultrasons : échographie
- résonance magnétique : IRM
- amplification visuelle : endoscopie et microscopie

Les images scientifiques peuvent être produites aussi bien par (i) des signaux de type visuel (rayonnements divers, photons), que par (ii) des signaux non visuels (gamma, ultrasons, magnétisme, électrons). On pourrait imaginer naïvement que cette différence technique induit automatiquement une distinction sémiotique, puisqu'à la différence des premiers, les seconds imposent une transduction par voie informatique avant de produire des images de synthèse. Mais les premiers, dans leurs formes les plus actuelles et les plus sophistiquées, ne produisent plus directement des images, et imposent eux aussi le passage par un signal informatique et sa transduction en image.

En effet, en raison de la faible extension de la profondeur de champ, les plus importants grossissements imposent des explorations par couches, et l'agglomération des couches en vue de la visualisation en 3D est nécessairement faite par voie informatique. Rappelons qu'au cours de ces processus de transduction, les liens entre la reconnaissance iconique et l'illusion référentielle sont defaits, puis reconstitués, et par conséquent ces liens ne sont plus le seul fait de la « foi perceptive » de l'observateur, mais aussi et d'abord de la « machine à transduction ».

Toutefois, on peut encore faire la part, dans cette « machine à transduction », entre les procédés de simple conversion du signal (par exemple celle des ultrasons en excitation d'écran d'ordinateur), et les procédés de reconstitution d'une profondeur de champ. On pourrait dire en somme que, *grosso modo*, la conversion des signaux concourt à la reconnaissance iconique, alors que les effets 3D concourent à l'illusion référentielle. Toute

l'histoire de l'évolution des techniques peut se résumer au découplage de ces deux processus, qui rend indépendantes l'une de l'autre les deux fonctions sémiotiques :

- elles se renforcent l'une l'autre dans l'expérience quotidienne ;
- elles se combattent l'une l'autre dans les systèmes d'imagerie de première génération ;
- elles sont indépendantes l'une de l'autre dans les systèmes actuels.

Il faudrait en outre distinguer, parmi les modes d'excitation, (i) ceux qui sont des substituts de l'excitation photonique (rayons X, ultra-sons, résonance magnétique), et qui permettent une exploration non invasive d'objets qui pourraient être vus directement par ailleurs, et (ii) ceux qui explorent des objets qui seraient de toutes les manières inaccessibles à la vue, et qui sont nécessairement « invasifs ». Mais cette distinction est elle-même fragile, car le caractère invasif ou non-invasif de l'exploration est sujet à discussion ; ce caractère dépend en effet de l'échelle considérée : à l'échelle macrométrique, par exemple, la RMN peut être considérée comme non invasive ; mais à l'échelle micrométrique ou nanométrique, on a vu qu'elle modifiait les propriétés électroniques de l'atome d'hydrogène (le spin du proton). Sous ce point de vue, il n'y a donc pas d'exploration non invasive, et tous les modes d'excitation modifient la structure de l'objet, la sollicitent pour en obtenir une réponse : une production de rayonnement photonique, une modification du comportement des électrons ou des protons, une production de courant électrique quantique, etc.

TYPOLOGIE DES EXPLORATIONS

Si l'on prend en considération l'ensemble des usages scientifiques de l'image, on rencontre alors tous les genres visuels, y compris la photographie illustrative ; si on se limite à l'exploration de l'invisible, et aux images impliquées dans l'argumentation scientifique proprement dite, on doit alors distinguer :

- l'image scientifique photographique, qui fixe un état visuel de l'objet, et en général d'une de ses « parties »,
- l'imagerie qui fabrique la représentation de propriétés de l'objet, qui n'en sont pas des « parties », mais des états dynamiques de composants inséparables de l'objet et de ses parties.

Intuitivement, toute l'imagerie scientifique a pour objectif de donner accès à l'invisible. Mais il y a plusieurs types d'invisibles, et plusieurs manières d'y accéder.

- a- Un objet peut être invisible parce qu'il est dissimulé par un autre, qui est à la fois visible et opaque, et par conséquent, il y a deux manières de le rendre à son tour visible : (i) déplacer ou détruire l'objet opaque ; (ii) suspendre l'opacité de l'obstacle (c'est le cas de l'imagerie) ; en l'occurrence, si on part du principe de l'« excitation-exploration », l'exploration échoue parce que l'excitation est entièrement absorbée par l'objet obstacle, et le dispositif d'imagerie consiste à adapter le procédé d'excitation (en fait à changer de signal) pour qu'il atteigne l'objet visé à travers l'obstacle.

- b- Un objet peut être invisible parce que la sensibilité de nos organes sensoriels n'est pas adaptée à ses propriétés, et il faut encore distinguer deux situations différentes :
- i. soit la taille de l'objet, ou sa réaction à la lumière, le rendent invisible, et on doit dans ce cas augmenter l'excitation de l'objet visé, pour obtenir un signal plus fort ;
 - ii. soit cet objet est un processus, un ensemble de propriétés instables ou fluentes, dont les éléments tangibles sont de nature moléculaire ou électronique etc.), et dans ce cas, on doit modifier ou convertir les propriétés des objets visés, pour qu'ils émettent un signal utilisable.

Les techniques actuelles les plus sophistiquées combinent plusieurs de ces procédés, car il faut à la fois (i) accéder à des objets cachés par d'autres objets sans détruire ces derniers ; (ii) faire émettre aux objets un signal spécifique adapté à leurs propriétés et à l'usage qu'on fera de l'image ; (iii) amplifier le signal et le transformer en dispositif de visualisation.

Dans la mesure où l'exploration de l'invisible rencontre plusieurs cas d'« invisibilité », elle prend elle aussi plusieurs formes, dont les principales sont :

- 1) *les modifications de taille et de proportion* (le grossissement) : l'objet est invisible en raison de sa taille, et il appartient à un domaine du monde naturel qui échappe à l'expérience sensible ;
- 2) *l'exploration non invasive* (l'imagerie) : l'objet est invisible en raison des obstacles qui le séparent de l'observateur, des enveloppes et des structures dans lesquels il est placé et caché ; il appartient donc au domaine de l'expérience sensible, mais sous condition de destruction ou ouvertures des obstacles, enveloppes et autres structures.
- 3) *l'exploration non invasive & le grossissement* (par exemple : la scintigraphie permet de déceler des cellules ou des substances qui ne seraient pas visibles même après ouverture du corps) ;
- 4) *l'exploration de propriétés non localisables mais transposables en formes localisées* : c'est typiquement le cas de l'IRM, qui produit une information concernant la densité d'hydrogène, qui doit être mesurée, distribuée, et interprétée pour produire des formes localisées.

L'image scientifique comme sémiotique-objet

LE REALISME MIS EN CRISE

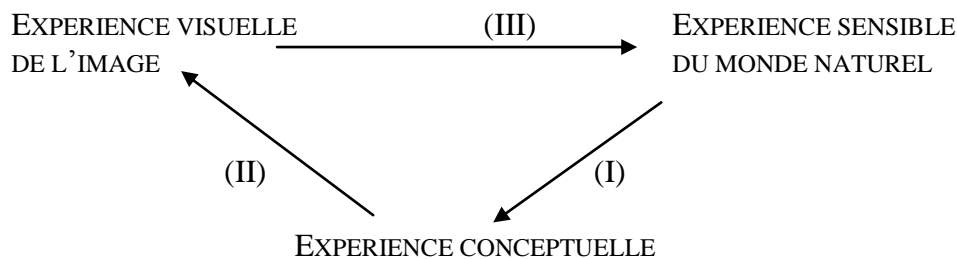
Pour être en mesure de considérer l'image scientifique comme une « sémiotique-objet » à part entière, il faut pour commencer lui reconnaître un plan de l'expression et un

plan du contenu, réunis dans une fonction sémiotique identifiable et spécifique. Mais avant même de statuer sur l'image scientifique proprement dite, il nous faut aborder une difficulté préalable, dont on a déjà identifié la nature au cours de l'examen des différents types d'imagerie : il s'agit en l'occurrence de la dissociation constatée entre l'expérience sensible du monde naturel, l'expérience visuelle procurée par l'image scientifique, et l'expérience scientifique qui donne accès aux « réalités » dont témoigne l'image scientifique.

LES INSTANCES DU REALISME QUOTIDIEN

Dans le cas des images photographiques ou picturales, les différents types d'expériences s'accommodent sans trop de difficultés. Comme le précise U. Eco⁵, l'iconicité d'une sémiotique-objet quelconque s'explique par l'équivalence entre l'expérience sensible qu'elle procure et celle que procure (rait), dans des conditions adaptées, son propre référent ; à quoi Greimas ajoute⁶ que cette équivalence est en général remplacée ou complétée par des systèmes de correspondances réglées et conventionnelles.

On peut alors considérer que le dispositif d'interprétation de l'image est constitué de trois expériences : les deux premières, déjà évoquées, et une troisième, qu'on pourrait qualifier d'expérience conceptuelle, qui fait office d'instance de contrôle pour la relation entre les deux premières : entre l'*expérience sensible* et l'*expérience visuelle* de l'image, l'*expérience conceptuelle* fournit les conventions et les usages culturels qui permettent d'accomoder la seconde à la première. C'est ainsi que des correspondances peuvent être établies entre les deux premiers types d'expérience, qui fondent la reconnaissance iconique sur l'illusion référentielle, et réciproquement.



- (I) = formation de l'expérience conceptuelle
- (II) = contribution à la reconnaissance iconique
- (III) = illusion référentielle

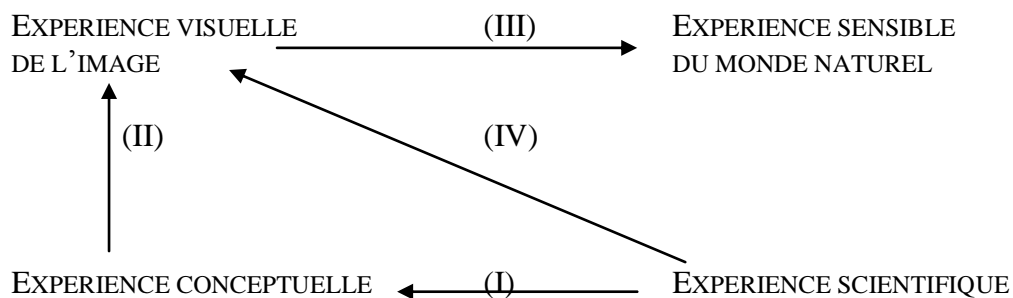
Entre ces trois instances, un « circuit » en boucle entretient les correspondances systématiques dont se nourrit la « transparence » iconico-référentielle de l'image, ou, en d'autres termes, la collusion entre la reconnaissance iconique et l'illusion référentielle, qui caractérise le « réalisme » de l'image.

⁵ Umberto ECO, *Kant et l'ornithorynque*, ???

⁶ A. J. GREIMAS & J. COURTES, *Dictionnaire raisonné de la théorie du langage, Sémiotique*, ????

LES INSTANCES DU REALISME SCIENTIFIQUE

Mais dans le cas de l'image scientifique, un quatrième type d'expérience, l'*expérience scientifique* portant sur l'objet à explorer, vient interférer, modifie le réseau des correspondances, et suspend notamment le circuit continu des correspondances qui assure l'effet réaliste dans le cas de l'image non scientifique. En effet, comme on l'a déjà fait observer, des correspondances explicites directes existent entre l'expérience visuelle procurée par l'image et l'expérience scientifique portant sur l'objet à explorer (c'est le dispositif de « transduction » qui les assure) ; d'autres apparaissent, d'une part entre l'expérience scientifique et l'expérience conceptuelle (la première fournit à la seconde les conventions et règles d'interprétation), et, d'autre part, entre l'expérience conceptuelle et l'expérience visuelle (ce sont les opérations interprétatives) ; d'autres, enfin, s'établissent entre l'expérience visuelle procurée par l'image et l'expérience sensible du monde naturel (c'est l'éventuelle illusion référentielle). Mais, pour ce qui concerne l'imagerie scientifique, il n'y a plus aucune correspondance directe entre l'expérience scientifique et l'expérience du monde naturel : le circuit « réaliste » est interrompu, et d'autres processus de validation se substituent à lui.



- (I) = formation de l'expérience conceptuelle
- (II) = contribution à la reconnaissance iconique
- (III) = illusion référentielle
- (IV) = dispositif de transduction visuelle

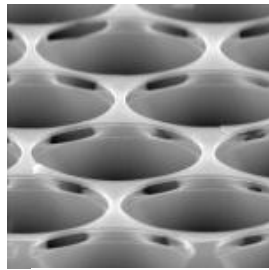
Pourtant, l'expérience scientifique n'est pas définitivement coupée de l'expérience sensible, faute de quoi l'image scientifique serait, eu égard à notre expérience quotidienne, une pure fiction. En effet, grâce à l'imagerie scientifique, il est possible de prendre des décisions, et de faire des interventions, qui portent sur l'objet exploré, et donc sur les conditions de l'expérience scientifique, et ces interventions, sous certaines conditions, sont susceptibles de modifier les états observables dans l'expérience sensible. Ces interventions, de type médical ou technologique, relèvent de la *pratique* : il faut donc sortir du cadre de pertinence de l'image pour rétablir un circuit complet entre toutes les instances.

A contrario, sans le contrôle de l'expérience pratique, le circuit des instances du réalisme scientifique peut être trompeur, sachant que l'image a pour source une « excitation » (cf. supra), traduite en formes, en textures et en couleurs : la seule explication scientifique

n'atteste en rien la présence d'un objet sur lequel pourraient être accomplies des interventions pratiques, indépendamment des conditions de l'expérience scientifique au sens strict. Comparons par exemple les quatre images suivantes.



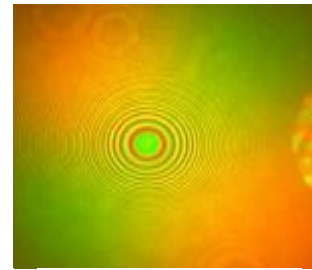
*Protéine ADN
azurin
Photo M. Cascella*



Nanostructures



*Erreur de
compression d'image*



*Interférences
Rétroreflexions sur
lentilles*

Seules les trois premières images correspondent à des objets indépendants du dispositif d'exploration, et qui pourraient de ce fait supporter des interventions pratiques. La quatrième est un pur effet dû à l'auto-excitation du dispositif d'exploration visuelle. Mais la troisième, tout en correspondant à un objet indépendant, ne nous en montre rien de significatif, puisque c'est le processus de transduction lui-même (le « codage substantiel », cf. supra) qui, échappant au contrôle technique, produit une image aberrante.

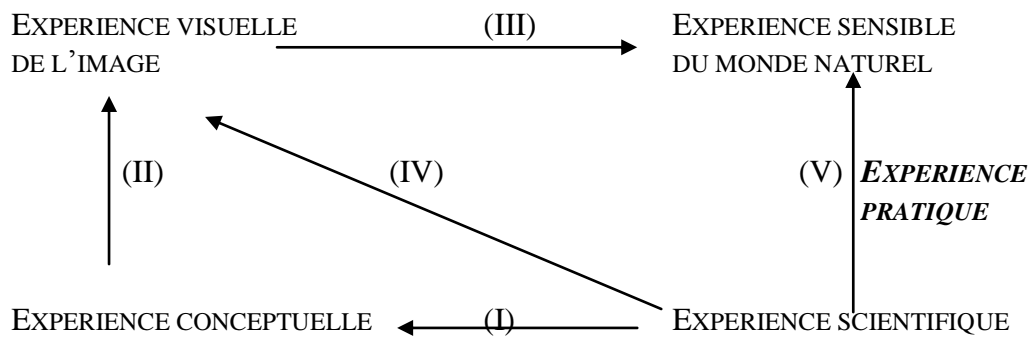
Les images elles-mêmes, leur composition et leurs propriétés plastiques, ne permettent en aucune manière de décider de l'existence d'un objet soumis à une excitation préalable. La première pourrait être la reproduction photographique d'un tableau abstrait, alors qu'il s'agit de l'exploitation, par un photographe italien spécialisé dans les photos de célébrités, d'une image de protéine ADN contenant du cuivre (d'où la couleur « azurin ») ; la seconde pourrait en revanche n'être qu'un dessin élaboré par ordinateur : de fait, étant donné la taille de l'objet et le mode d'excitation (électronique), ce n'est bien qu'un dessin élaboré par ordinateur, et pourtant, l'existence de cet objet est attestée.

La croyance en l'existence de l'objet ne pouvant être procurée ni par l'image elle-même, ni par son rapport à l'expérience scientifique (car ces quatre images ont un rapport explicite avec une situation d'exploration scientifique), elle impose le passage par l'instance pratique : si l'expérience pratique peut modifier ce que l'image donne à voir, alors ce qu'elle donne à voir est supposé correspondre à un objet existant, doté d'un minimum de « phénoménalité ».

On pourrait imaginer que cette exigence ne vaut que pour l'imagerie scientifique la plus sophistiquée, dont les représentations sont à l'évidence disjointes de l'expérience sensible. Mais, de fait, il est généralisable à toute image scientifique, y compris celles de disciplines comme la géographie ou l'ethnologie, car l'interprétation d'une photographie de paysage ou de situation sociale, dès lors qu'elle participe d'une argumentation scientifique,

impose dans ce cas aussi un parcours impliquant d'un côté l'expérience scientifique, qui nourrit une expérience conceptuelle spécifique, et de l'autre la médiation d'une pratique d'intervention. La seule différence tient au fait que de telles images sont exploitables dans une autre perspective, non scientifique, et qui obéit alors au circuit standard du réalisme quotidien.

Voici le modèle récapitulatif du « circuit » propre au réalisme spécifique de l'image scientifique :



- (I) = formation de l'expérience conceptuelle
- (II) = contribution à la reconnaissance iconique
- (III) = illusion référentielle
- (IV) = dispositif de transduction visuelle
- (V) = interventions dans l'expérience pratique

EXISTENCE PHENOMENALE ET EXISTENCE SCIENTIFIQUE

Dans un objet quelconque, par exemple une pierre, deux pierres coexistent : celle dont nous faisons l'expérience, solide, pleine, de forme stable, et celle que nous décrit la physique, faite de vide et de forces pour l'essentiel. La première a une existence « phénoménale », et la seconde, une existence « scientifique ».

Du point de vue de l'expérience sensible, seule la première existe et peut entrer dans des pratiques concrètes, et l'autre ne serait qu'une « explication » des propriétés qu'on lui reconnaît dans l'expérience, fondée sur des dispositifs non référentiels, uniquement destinés au calcul prédictif.

Du point de vue de l'expérience scientifique, seule la seconde existe et peut entrer dans des pratiques analytiques, et l'autre ne serait qu'un effet d'imagerie mentale, de préjugés et de projections utilitaires.

L'explication scientifique des propriétés sensibles des objets du monde naturel a pour premier effet de les virtualiser, au sens où leur mode d'existence scientifique ne présente aucun rapport d'équivalence intuitive avec leur manifestation sensible : littéralement, l'explication scientifique de la couleur conduit à conclure par exemple que les objets ne sont pas « vraiment » colorés, mais qu'ils sélectionnent des longueurs d'onde. Le mode d'existence scientifique de la pierre explique pourquoi la pierre « sensible » est « solide »,

mais la pierre « scientifique » n'est pas elle-même « solide », et il n'est pas nécessaire qu'elle le soit pour expliquer la solidité de la pierre sensible. Ce « rapport d'équivalence intuitive » a un nom, dans une perspective sémiotique : c'est l'isotopie ; on peut alors considérer que la dualité problématique constatée entre l'existence phénoménale et l'existence scientifique repose sur le fait que, si elles doivent constituer deux dimensions d'une même sémiotique-objet, alors ces *deux dimensions sont allotopes*. Et cette allotopie remet en cause la phénoménalité de l'existence sensible : sous ce point de vue, le phénomène se défait, et nous faisons l'expérience de quelque chose qui n'existe pas.

La relation entre ces deux modes d'existence, phénoménale et scientifique, doit être confrontée à celles qui unissent, en sémiotique, respectivement, la *manifestation* et l'*immanence*, d'un côté, et l'*expression* et le *contenu*, de l'autre côté. *Immanence* et *manifestation* sont, par définition, isotopes et hétéromorphes : deux articulations différentes de la même substance ; *expression* et *contenu* sont en revanche isomorphes et allotopes : des articulations superposables de deux substances non réductibles l'une à l'autre.

Dans cette perspective, si l'existence scientifique et l'existence phénoménale étaient considérées respectivement comme l'immanence et la manifestation, on rencontrerait alors un problème de « conversion » entre immanence et manifestation, car elles ne sont pas dans un rapport d'analogie ou d'isotopie, mais seulement d'« isomorphie ». Mais elles ne peuvent pas plus être traitées comme contenu et expression, car ce rapport d'isomorphie est lui-même très distendu, soumis à de nombreuses conversions intermédiaires, et qui, en outre, ont pour résultat de réduire l'expérience sensible à l'explication scientifique. Quel que soit le rapport envisagé, il comporte un dysfonctionnement, et la relation sémiotique est problématique.

L'existence phénoménale ne peut donc pas être traitée comme l'expression de l'existence scientifique, et si on lui accorde le statut d'une manifestation, ce n'est pas la manifestation directe d'une immanence scientifique. Par ailleurs, l'immanence scientifique est susceptible de recevoir d'autres modes de manifestation que la manifestation sensible, notamment sous forme de calculs, de descriptions et de graphes dans le discours scientifique : l'explication de l'existence scientifique de la pierre, rappelons-le, virtualise les propriétés sensibles de la pierre et les remplace par d'autres propriétés de manifestation.

On dispose en principe de quatre possibilités pour traiter cette tension et tenter de la résoudre :

- 1) « *La prééminence des apparences* » : on peut décider que ni la science ni l'expérience sensible n'ont pour objet la connaissance du monde physique. C'est une position « non réaliste » qui récuse la relation immanence/manifestation et qui, en outre, interdit toute efficacité pratique à l'un comme à l'autre des deux modes d'existence.
- 2) « *Le réalisme sensible* » : on avance que la science de nous fournit que des représentations fictionnelles secondaires destinées à fonder dans un autre registre que celui de la sensibilité, en raison justement de leur caractère allotope, la réalité de nos expériences sensibles. Elle affirme le caractère de manifestation de l'existence

phénoménale, mais lui reconnaît plusieurs immanences parallèles, en refusant à l'immanence scientifique le « dernier mot » de la connaissance. Ce serait la position du « réalisme sensible ».

- 3) « *Le réalisme scientifique* » : on postule que l'expérience sensible est un leurre, un ensemble d'apparences inconsistantes, résultant de points de vue relatifs et contingents, que la science dénonce et convertit en une vraie connaissance des choses, grâce à un point de vue posé comme absolu. Cette position affirme le caractère d'immanence de l'existence scientifique, et admet plusieurs types de manifestation, la manifestation sensible étant la moins plausible de toutes.
- 4) « *Le réalisme convergent* », ou « *réalisme pratique* » : on considère que les deux voies de la connaissance, par l'expérience sensible et par l'expérience scientifique, se prolongent et se confortent l'une l'autre, et donc réfèrent l'une à l'autre, notamment en raison de la médiation pratique ; par conséquent les points de vue relatifs et contingents ne procurent pas nécessairement des connaissances fausses et illusives, et le point de vue absolu n'est jamais vraiment absolu, et nécessite un corrélat sensible pour être parfaitement réaliste. La relation entre immanence (scientifique) et manifestation (phénoménale) est rétablie, mais grâce à la médiation pratique.

SEMIOTIQUE « OBJECTALE » OU « SUBJECTALE » ?

La philosophie de l'expérience (notamment celle de Locke) distingue les « qualités premières » et les « qualités secondes ». Les qualités premières sont supposées appartenir en propre aux objets, indépendamment de l'observateur ; les qualités secondes sont supposées, en tant que phénoménales, résulter d'une interaction entre les capacités perceptives d'un observateur et les objets eux-mêmes. Mais les qualités premières changent en fonction du dispositif d'expérience et des modèles scientifiques dont on dispose : le dépassement de la théorie corpusculaire de la matière, au début du XX^{ème} siècle, ravale la représentation purement corpusculaire à un effet d'observation, c'est-à-dire au rang des « qualités secondes ».

C'est donc l'histoire même des modèles scientifiques et des systèmes de représentation qui en découlent, qui conduisent à adopter la position du « réalisme convergent », la seule qui soit susceptible d'accueillir une approche sémiotique complète de l'imagerie scientifique. Le modèle des « instances » de l'imagerie scientifique considérée comme une sémiotique-objet, proposé plus haut, relève d'une telle position, puisque le « réalisme » des images ainsi produites est décrit comme un effet du circuit complet entre les différentes instances.

En d'autres termes, l'approche sémiotique de l'imagerie scientifique, qui s'efforce de viser les trois conditions fixées par Hjelmslev, adéquation, cohérence et exhaustivité, adoptera la position dite du « réalisme convergent » parce que c'est la seule qui laisse ouverte la possibilité de construire une « sémiotique-objet » (i) où les deux modes d'existence auront un

poids égal, (ii) où leur articulation en termes de manifestation et d'immanence peut se faire sans jugement *a priori*, et (iii) dont le rapport à l'expérience pratique peut être appréhendé à la fois à partir des propriétés sémiotiques de l'image et de celles de sa technique de production.

LES ELEMENTS DE LA SEMIOTIQUE-OBJET

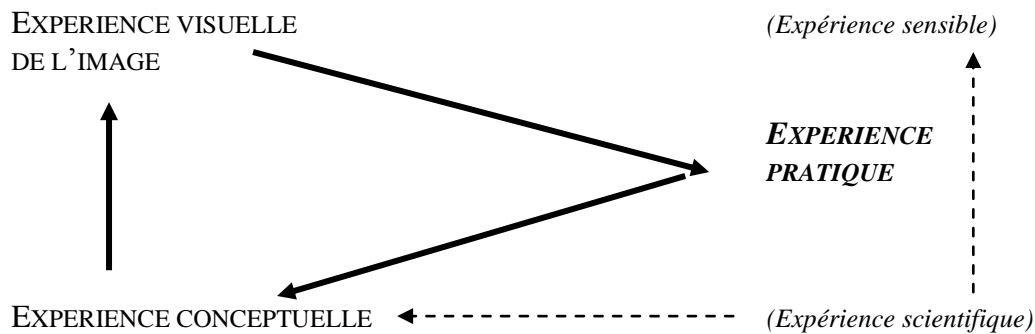
EXPRESSION ET CONTENU

Le plan de l'expression et le plan du contenu sont des notions relatives, et en tant que telles peu opératoires, si elles ne sont pas fondées sur une définition explicite de la fonction sémiotique. On se contentera ici d'un seul élément de définition, plus opératoire que spéculatif : on reconnaît qu'on a affaire à une fonction sémiotique si, dans une hiérarchie quelconque on peut opérer des mutations en chaîne, au moins des mutations duelles, appelées « commutations ».

Dans le cas de l'imagerie scientifique, des systèmes d'opposition entre plages (plus ou moins) claires et plages (plus ou moins) sombres, entre types de formes, entre tons chromatiques, offrent un premier champ de mutations. Les mutations correspondantes s'observent dans deux autres champs : (i) celui des propriétés scientifiques proprement dites, et (ii) celui des conventions de construction de l'image (et donc des règles de lecture), qui transposent les propriétés scientifiques en production de formes, en contrastes lumineux et chromatiques, en propriétés spatiales en 3D. On a donc affaire à deux types de commutations parallèles et pourtant fortement associées, mais qui, dans l'usage courant de l'imagerie scientifique, peuvent rester indépendants : (i) d'un côté une commutation herméneutique, qui permet de construire la signification de l'image, entre le plan de l'expression visuel et les conventions de représentation, et de l'autre (ii) une commutation physique, qui repose sur le dispositif de transduction et de conversion du signal.

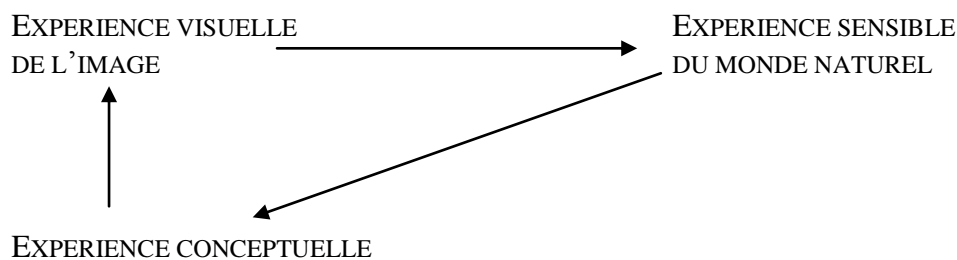
En bref, l'imagerie scientifique croise deux fonctions sémiotiques, et son « plan de l'expression » renvoie simultanément à deux « plans du contenu » différents et associés : un contenu herméneutique et un contenu physique. Cette distinction renvoie, dans la sphère sémiotique, à celle qui oppose, dans la sphère épistémologique, l'expérience phénoménale et l'expérience scientifique. Elle est nécessaire, notamment en considération des pratiques d'intervention sur les objets explorés : par exemple, le médecin obstétricien doit pouvoir disposer immédiatement de la signification des images d'échographie, sans passer par les conversions du signal ultra-sonore en signal électronique puis visuel, afin de pouvoir juger, décider et conseiller la patiente en temps réel.

Entre les deux fonctions sémiotiques, s'établit une relation spécifique, une forme de « croyance » que l'on peut décrire comme une réduction drastique du circuit des instances, une « réduction pratique », qui prend alors la forme suivante :



La « croyance », en l'occurrence, repose sur la confiance accordée à l'efficience sous-jacente des autres instances, potentialisées par la *réduction pratique* : en effet, si l'on croit au circuit raccourci de l'efficacité pratique, c'est en raison de la confiance accordée au circuit complet mais potentialisé, dont la présence à l'horizon garantit en quelque sorte la fiabilité du circuit raccourci. En d'autres termes, la fonction sémiotique herméneutique et pratique peut fonctionner séparément, à condition de se fonder « en confiance » sur la fonction sémiotique de type physique. On obtient ainsi une définition syntagmatique, spécifique de l'imagerie scientifique, de la différence entre la modalité « savoir » (pour laquelle le circuit des instances est entièrement actualisé), et la modalité « croyance pratique » (pour laquelle seul le circuit réduit est actualisé, et se réfère au circuit complet potentialisé).

Rappelons en outre que cette « croyance » pratique, assise sur la confiance scientifique, diffère radicalement de la « foi perceptive » (cf. supra) qui a cours dans le modèle de l'expérience réaliste ordinaire, et qui repose sur une tout autre réduction du modèle canonique, la réduction propre au *réalisme sensible* (cf. supra), et que nous rappelons ici :



LE GENRE « IMAGE SCIENTIFIQUE »

Le « genre » peut être compris simultanément de deux manières différentes : (i) comme un ensemble d'instructions de lecture et d'interprétation (des instructions pratiques), et en ce sens, il correspond à la forme sémiotique de l'expérience conceptuelle (supra), et (ii) comme un ensemble de propriétés de la sémiotique-objet elle-même (le texte-énoncé qui contient l'image, en l'occurrence), propriétés qui résultent de la projection textuelle des

instructions pratiques. C'est la seconde acception qui retiendra ici notre attention, sous les espèces du cadre et de la composition, de la légende, et du rôle des propriétés plastiques .

La composition et le cadre

L'image scientifique est supposée rassembler dans le cadre l'ensemble des éléments nécessaires à une argumentation (une « configuration argumentative »), susceptible d'être prise en charge dans une démonstration ou une conclusion de caractère scientifique. Par exemple : deux figures ou ensemble de figures saisies dans le même cadre permettront de développer un argumentaire sur les interactions entre les objets, les pratiques, les acteurs. Une première dimension rhétorique doit donc être identifiée : la composition induit, sur le plan de l'expression, des alliances entre figures, qui seront exploitées, au plan du contenu, comme explications par concomitance, par analogie, etc. Cette composition est prédéterminée, explicitement, par l'orientation argumentative du discours scientifique (le co-texte).

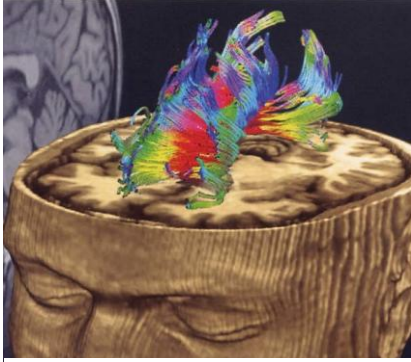
La légende

Dans la mesure où toutes les conditions de la prise de vue (lieu, moment, date, technique, taille, etc.) font partie des conditions d'actualisation de la configuration argumentative, la légende et ses codes spécifiques appartiennent au genre. Nommer, identifier, situer, proportionner : ces prédicats caractéristiques de la légende sont nécessaires pour expliciter au moins partiellement la relation entre l'expérience conceptuelle et l'expérience visuelle, voire, indirectement, le rapport entre l'expérience visuelle et l'expérience scientifique. En outre, ce système de références vaut comme « gage » de confiance, permettant à chacun de remonter la chaîne des garanties, de contrôler la crédibilité de l'image, et d'en vérifier la cohérence avec l'orientation argumentative du co-texte scientifique.

L'explicitation technique, en outre, suspend la croyance « naïve » dans ce que montre l'image, et la soumet à un ensemble de règles de conversion technique, plus ou moins sophistiquées, que l'on pourrait désigner globalement comme les propriétés modales et plastiques de la « *prothèse optique* ». En rappelant le dispositif technique de conversion du problème scientifique en texte visuel, elle actualise en effet le circuit complexe du réalisme scientifique « convergent », et permet de résister à la pression culturelle dominante, qui tendrait à imposer le circuit propre au réalisme sensible.

Les propriétés plastiques

Dans le cas de la photographie scientifique, ces propriétés ont la même valeur que dans toute autre image, ce qui revient à dire que l'expérience conceptuelle partage dans ce cas au moins en partie certaines conventions et règles d'interprétation avec les images photographiques ordinaires. Mais dans le cas de l'imagerie, les propriétés plastiques sont entièrement sous contrôle, la plupart du temps « fausses », en ce sens qu'elles sont la



*Voies nerveuses actives
IRM du cerveau*

traduction visuelle programmée dans l'ordinateur de propriétés qui ne sont pas de même nature ; par exemple, en imagerie médicale, les couleurs ne sont que des valeurs chromatiques affectées à des valeurs quantitatives, ou même le résultat d'une colorisation ultérieure. Par exemple, dans l'image IRM ci-contre⁷, le dispositif de transduction a sélectionné un certain nombre de voies cérébrales actives dans un état cognitif donné, et affecté des valeurs chromatiques spécifiques à chaque type et niveau d'activation. De même, tous les aspects eidétiques des images des grands fonds marins ou des images astronomiques sont le produit de telles conversions : les formes nettes et identifiables, de même que les couleurs, ne sont que des traductions plastiques de propriétés qui ne sont pas de nature plastique, ou de propriétés plastiques que notre vision ne saurait pas interpréter sans cette traduction.

L'imagerie scientifique propose donc des systèmes semi-symboliques, qui établissent les correspondances entre la forme d'une expression visuelle et celle d'un contenu scientifique, sous le contrôle de conventions et de règles *ad hoc*.

Ces correspondances doivent en outre être croisées avec les relations entre immanence et manifestation ; d'un côté, la manifestation visuelle renvoie à deux immanences différentes, l'une sensible, et l'autre technique ; de l'autre côté, le contenu scientifique immanent peut être manifesté par deux voies : la voie du calcul et de l'exposé symbolique, et celle de la conversion sensible. Le système semi-symbolique propre à l'imagerie scientifique rétablit en quelque sorte une isotopie là où nous constatons plus haut une allotopie de principe, en sélectionnant d'un côté l'immanence sensible de l'expression visuelle, et de l'autre la manifestation sensible du contenu scientifique ; les deux autres voies, celle de l'immanence technique de l'expression visuelle, et celle de la manifestation mathématico-symbolique du contenu scientifique, restent néanmoins présentes, dans la légende de l'image et dans le contexte du discours scientifique.

Ce mécanisme de sélection, qui autorise la formation de systèmes semi-symboliques, contribue à la formation d'un « contenu sémiotique » de l'image (cf. supra : le « contenu herméneutique »), de droit distinct de son contenu scientifique.

Le dispositif d'énonciation

Si l'on rapproche d'une part les remarques concernant les propriétés plastiques et la légende, et d'autre part l'analyse du rapport entre le monde de l'expérience sensible et celui

⁷ « Le numérique au service de la santé », *Pictures of the future*, Munich, Siemens, Automne-hiver 2004-2005, p. 34.

de l'expérience scientifique, on peut alors préciser le dispositif d'énonciation du genre « imagerie scientifique » :

- Le cadre général est celui d'une conversion isomorphe mais hétérotopique entre une immanence (scientifique) du plan de l'expression et sa manifestation (sensible) : des correspondances de stabilité variable, mais pouvant être soumises à convention et à apprentissage, sont établies entre des propriétés substantielles immanentes et des propriétés substantielles manifestes.
- L'image intervient comme troisième instance, avec ses propriétés plastiques empruntées au domaine de l'expérience sensible, mais avec une première distinction :
 - o ces propriétés plastiques peuvent être identiques à celles qui sont requises pour l'expérience sensible du monde naturel (c'est le cas de l'image « iconique »)
 - o ces propriétés plastiques peuvent être propres à l'image scientifique (dans le cas des graphes conceptuels)
- Seule l'image iconique nous intéresse ici ; le rôle de l'image iconique peut à son tour faire l'objet d'une nouvelle distinction, selon que :
 - o il existe une correspondance avec une expérience sensible du monde naturel
 - o il n'existe pas d'expérience sensible correspondante du monde naturel

Dans le premier cas, on a affaire à l'image scientifique de « témoignage », en ce sens qu'une correspondance peut être établie entre l'image elle-même et ce que pouvait voir un observateur placé dans les mêmes conditions que le photographe.

Dans le second cas, on a affaire à l'image scientifique d' « imagerie », en ce sens que la correspondance entre l'image elle-même et l'expérience scientifique est médiatisée d'une manière ou d'une autre par le dispositif technique d'observation instrumentale.

La légende joue donc un rôle très différent selon qu'on a affaire à une image de « témoignage » ou à une image d' « imagerie » :

- Dans le cas du témoignage, la légende explicite la correspondance entre les deux expériences sensibles, correspondance de type analogique.
- Dans le cas de l'imagerie, la légende explicite les procédés de conversion qui permettent de donner une apparence sensible conventionnelle aux propriétés de l'expérience scientifique (dans la plupart des cas, le détail des correspondances n'est pas indiqué, mais la seule mention de la technique induit une catalyse de ces règles de conversion).

MODALITES ET AFFECTS DE L'INTERPRETATION

LA MECONNAISSANCE

Le dérèglement de la distance

L'adoption d'une échelle de représentation, et notamment d'un point de vue à très faible ou très grande distance, peut rendre l'objet référent méconnaissable, alors même que l'objet représenté, la ou les figures de l'image, sont parfaitement reconnaissables en tant que telles, dotées d'une forme et de propriétés plastiques stables et descriptibles. En somme, on peut identifier la figure, et même la reconnaître ultérieurement, sans être pourtant en mesure de lui affecter un référent et de la situer dans un espace phénoménal, sans pouvoir faire correspondre cette expérience iconique avec une expérience sensible dans le monde naturel.

Ces commutations élémentaires permettent de préciser les relations entre les deux expériences sensibles, celle du monde naturel et celle de l'image iconique. De fait il faut distinguer dans ce cas deux types d'iconisations :

- l'iconisation de premier degré, qui, en raison de la stabilisation propre et autonome des figures, permet d'identifier chaque occurrence, et différentes occurrences entre elles : c'est l'iconisation *stricto sensu* ;
- l'iconisation de second degré, qui, grâce à une stabilisation hétéronome, permet de situer la figure à l'intérieur d'une représentation du monde naturel : c'est alors l'iconisation par *impression référentielle* ; ce deuxième type peut être réalisé de deux manières :
 - o l'iconisation de premier degré est complétée et confortée par la correspondance avec une expérience directe dans le monde naturel ; c'est le cas de l'image iconique classique ;
 - o l'iconisation de premier degré est validée et confortée par l'explicitation du dispositif d'observation instrumentale ; c'est le cas de tous les procédés d'imagerie, pour lesquelles ce type d'iconisation de second degré produit une *croissance référentielle* spécifique, nécessaire à l'interprétation, sans quoi les images seraient à chaque fois entièrement nouvelles, sans aucune régulation interprétative, et donc inexploitable dans la pratique en cours.

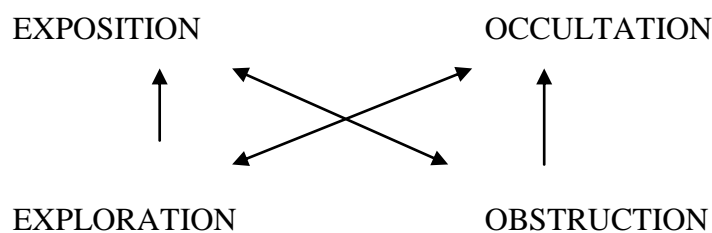


Viaduc de Millau
Vue d'avion

Mais la vue d'avion du « viaduc de Millau », ci-contre, perturbe la simplicité de ces distinctions, dans la mesure où, sans instrument d'exploration visuelle, un observateur quelconque pourrait faire la même expérience visuelle que celle que l'objectif a fixée. En somme, cette image, si elle était « scientifique », relèverait de l'image de « témoignage ». Pourtant l'objet est méconnaissable en raison de la distance, et l'avion n'est pas en général

considéré comme un instrument d'exploration visuelle ou comme une prothèse optique. L'avion est un instrument du réglage de la distance, une prothèse permettant à un observateur humain d'adopter d'autres positions d'observation que celles qui lui sont offertes dans l'expérience quotidienne.

Il faudrait donc élargir la description du dispositif d'énonciation (supra) et considérer qu'il ne concerne pas seulement le procédé d'exploration visuelle, mais plus généralement le dispositif de réglage du point de vue, c'est-à-dire de *réglage de l'interaction entre l'observateur et l'informateur*. Et on pourrait alors distinguer des modifications du réglage en partant du modèle canonique de ces interactions⁸, qui articule la catégorie de l'exposition et de l'accessibilité :



Rappelons brièvement que la catégorie qui articule ces quatre positions est de nature modale : il s'agit des variétés du « pouvoir observer » (ne pas pouvoir ne pas observer / ne pas pouvoir observer / pouvoir ne pas observer / pouvoir observer). Dans la formulation originale, la position correspondant au « pouvoir observer » était désignée comme « accessibilité » (le contradictoire de l'inaccessibilité, ou « occultation ») ; elle est ici dénommée « exploration », puisque c'est le terme que nous avons retenu pour désigner l'ensemble des opérations d'excitation/réception qui rendent accessibles les objets soumis à l'imagerie scientifique.

Lors des modifications du réglage, l'objectif de la prise de vue ou de l'imagerie est toujours de parvenir en position d'« exposition » (ne pas pouvoir ne pas observer) des figures et des objets qui participent de l'argumentation scientifique. Mais on peut y parvenir de plusieurs manières.

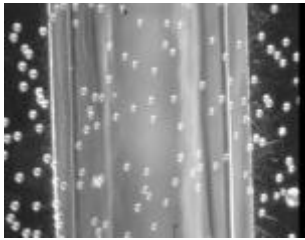
- Si l'on part de la position d'« obstruction » (pouvoir ne pas observer), un simple réglage de position ou de taille modifie le prédicat d'observation sans modifier la modalité « pouvoir », et permet de passer en position d'« exposition » (c'est une « négation » de la « négation ») ; c'est le cas de la vue d'avion, mais aussi de la vue grossissante ; dans ce cas, le passage par l'« exploration » n'est pas utile.
- Si on part de la position d'« occultation » (ne pas pouvoir observer), le réglage est plus complexe, car il faut d'abord modifier la modalité « pouvoir », pour passer en position d'« exploration » avant de parvenir à l'« exposition » ; c'est le cas de tous les procédés d'exploration de l'invisible par imagerie.

⁸ Jacques FONTANILLE, *Introduction à la sémiotique de l'observateur*, Paris, Hachette, ???

Cette distinction modale recoupe la distinction déjà rencontrée entre deux types d'images scientifiques : (i) les vues microscopiques, qui « font voir » des objets ou des parties invisibles en raison de leur proportion, mais isolables, et qui relèvent du premier cas (simple réglage de la distance et de la taille) ; (ii) les vues par imagerie, qui « font voir » des propriétés invisibles, qui ne sont pas des objets à proprement parler, c'est-à-dire qui ne sont pas des entités isolables.

Une telle distinction devient néanmoins problématique si l'on considère les deux conditions suivantes.

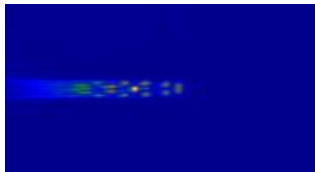
La disproportion dépasse les capacités d'un réglage imaginaire ; on peut s'imaginer très haut dans le ciel au-dessus d'un viaduc, parce qu'on peut en faire l'expérience par ailleurs,



Fibre optique et billes de polystyrène

mais on ne peut pas s'imaginer au milieu d'un nuage d'électrons, ou, même, comme ci-contre, au milieu d'une poussière microscopique de billes de polystyrène, parce que cette expérience est hors de portée.

En outre, les objets ainsi isolés et montrés peuvent être considérés, du point de vue de l'expérience scientifique, comme des propriétés non isolables ; c'est notamment le cas, comme dans l'image ci-contre, pour l'indétermination quantique « onde/particule ».



Puits quantique de probabilité d'une particule

Les images nanoscopiques cumulent les deux difficultés...En somme, la frontière entre les procédés de grossissement et les procédés de conversion visuelle de propriétés fluentes tend à disparaître aux échelles micrométrique et nanométrique, ce qui implique que, dans le cas des techniques d'imageries les plus sophistiquées, le parcours modal est toujours le parcours complet, de l'« obstruction » à l'« exposition ».

La reformulation modale, obtenue grâce à la prise en considération des variations du réglage (modal) entre l'informateur et l'observateur, permet en outre de considérer le parcours (syntagmatique) de l'exploration comme un parcours potentiellement passionnel, et porteur des « affects » de l'exploration. Outre les affects ordinaires, comme la surprise ou la satisfaction, liées à la découverte, le dérèglement de la distance et des proportions en suscite un autre, bien spécifique, qui a trait à la *méconnaissance* : les processus d'iconisation étant destabilisés, ou en voie de stabilisation, la configuration proposée par l'imagerie peut à tout moment « basculer » vers des types iconiques appartenant à l'expérience sensible quotidienne, et qui font obstacle à l'iconisation de type scientifique.

L'énigme et ses affects

Les medias de vulgarisation scientifique usent à l'envi de ces dérives iconiques, et tout particulièrement les sites d'archivage d'images scientifiques. C'est ainsi, par exemple, qu'une



Galette de silicium et circuits gravés

galette de silicium et ses circuits électroniques gravés (ci-contre) peut passer pour une maquette urbaine, ou qu'une cellule vue au microscope à fluorescence se donne à voir comme une portion d'astre en vue rapprochée. Les types iconiques dérivés fonctionnent comme des « attracteurs », des possibilités de stabilisation iconique à moindre coût cognitif, qui signalent en quelque sorte la « réduction sensible » du circuit des instances de l'expérience (cf. supra) ; autrement dit, la manifestation visuelle se cherche une immanence sensible, et la trouve au détriment du contenu scientifique.

Ce sont très précisément ces tensions et ces tentations qui fondent l'exploitation esthétique de la méconnaissance figurative, et qui motivent le discours de vulgarisation portant sur la « beauté » des images scientifiques, et sur leur pouvoir de suggestion. Dans les termes de l'analyse modale proposée plus haut, le « court » circuit de la réduction sensible serait alors décrit comme une transformation immédiate de l'« obstruction » en « exposition ».



Lumière dans l'infiniment petit

Des canons laser pointés vers les étoiles ? Des abat-jour d'un grand designer ? Non, ce n'est pas ça mais... ce n'est pas complètement faux ! Une chose est sûre, ces objets ont un rapport avec la lumière. Ces piliers, qui mesurent quelques centaines de nanomètres à peine, sont en réalité des cages à photons photographiées au microscope électronique à transmission. Les parois de ces microcavités sont réfléchissantes, et lorsque l'on place une source de lumière à l'intérieur, de nouveaux phénomènes optiques apparaissent, permettant de maîtriser le débit et la direction d'émission des photons. À quoi cela sert-il ? Ces microcavités optiques sont un premier pas dans la réalisation des nanolasers qui permettront à l'ordinateur quantique de voir le jour. Elles pourraient aussi révolutionner l'art de crypter des messages : les chercheurs du Laboratoire de photonique et de nanostructures de Marcoussis (CNRS) ont en effet réussi à produire des photons uniques indiscernables, ouvrant la voie à la cryptographie quantique. S.E.

Sous le titre « Lumière dans l'infiniment petit » (ci-contre⁹), l'image nanométrique des « pièges à photon » est explicitement commentée en ce sens : le texte du commentaire, en effet, avant de d'évoquer le contenu scientifique de l'image, et donc avant de proposer un contenu herméneutique adéquat, commence par une série de « types iconiques » éventuels (canons lasers, abat-jour design, etc.), présentés à la fois comme des interprétations erronées, et comme des métaphores plausibles du contenu herméneutique à découvrir.

De tels commentaires sont monnaie courante dans les magazines de diffusion scientifique ou dans les ouvrages de vulgarisation, dont la tactique persuasive consiste à maintenir un lien entre l'expérience des phénomènes et l'expérience

⁹ *Le Journal du CNRS*, n°203, décembre 2006, Meudon, p. 43.

scientifique, même si ce lien est factice. Pourtant, la facticité est pourtant ici un facteur de crédibilité : sous-jacent à ces équivalences métaphoriques et à ces approximations phénoménales, en effet, se joue *la croyance dans la continuité du monde physique*. Certes, cette croyance est, d'un point de vue scientifique, naïve et sans valeur explicative, mais elle est nécessaire à une diffusion persuasive de la connaissance scientifique. Elle repose, de fait, sur un principe d'équivalence généralisé, sur un schème du sens commun selon lequel l'existence ou la construction de réseaux d'équivalences (cf. la « saisie sémantique »¹⁰ selon Jacques Geninasca) donnent consistance à la représentation cohérente d'un même champ cognitif ; selon ce même schème du sens commun, l'interruption d'un réseau d'équivalence signale l'existence d'une frontière entre deux mondes, entre deux représentations cohérentes. En somme, le discours de vulgarisation est à la recherche d'une *isotopie*, sur laquelle les différentes images du monde subirait certes des transformations, mais dans les limites d'un monde cohérent.

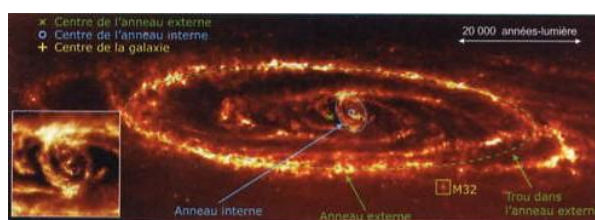
A contrario, la rupture d'isotopie, entre les images du monde physique, fait courir le risque d'un effondrement de la croyance, ou, à tout le moins, à la confrontation entre deux régimes de croyance dont la compatibilité reste problématique, et cette incompatibilité suscite du même coup tous les affects liés en général à la perception de l'incohérence, et plus précisément ceux qui naissent du sentiment de la méconnaissance d'un monde qui échappe à l'appréhension phénoménale.

Transformations de la configuration visuelle, conservation et non conservation isotopique

Que ce soit sous la forme de simples changements d'échelles, ou grâce à des changements de modes d'excitation de l'objet, l'imagerie scientifique est en mesure de proposer, pour un objet donné, plusieurs vues différentes, qui constituent autant de niveaux d'analyse. Par exemple, une même constellation céleste, Andromède, est proposée en trois vues différentes :



Andromède
Radiotélescope



ANDROMÈDE EN INFRAROUGE. L'image du télescope spatial Spitzer montre la spirale et les deux anneaux, interne et externe.

ANDROMEDA IN INFRARED. This image from the Spitzer space telescope shows the spiral and the two rings, the internal and the external.

© NASA / LERMA – Observatoire de Paris / CNRS / CEA

¹⁰ Jacques GENINASCA, *La parole littéraire*, Paris, PUF, ?????



COLLISION SIMULÉE : LE FILM

La galaxie heurtée M 31 évolue au fil des millions d'années. En rouge, la trajectoire de sa compagne naine M 32.

SIMULATED COLLISION: THE MOVIE

The struck M 31 galaxy's evolution through millions of years. In red, the trajectory of its dwarf companion, M 32.

© LERMA – Observatoire de Paris / CNRS / CEA

(i) une vue au radiotélescope (ondes radio), (ii) une vue au télescope à infra-rouges (lumière à basse fréquence), et (iii) une vue simulée par ordinateur (l'excitation de l'écran). La forme globale de l'objet est conservée, mais il se présente sous trois configurations plastiques radicalement différentes : (i) une plage-masse claire, comprenant une plage centrale très lumineuse, et environnée d'un nuage de points lumineux, (ii) une série d'ellipses approximatives constituées de plages effilochées et discontinues, (iii) une quasi-spirale claire traçant distinctement un mouvement centrifuge à partir d'une petite plage centrale.

Ces trois vues¹¹, dont le plan de l'expression diffère radicalement, renvoient au même objet du monde naturel, mais à trois configurations différentes du contenu scientifique : (i) la première privilégie les degrés d'intensité lumineuse, la plus forte étant au centre, et la plus faible en périphérie, (ii) la deuxième met en évidence la distribution des masses dans l'espace propre de la constellation, en somme son organisation topologique, et (iii) la troisième donne à voir et à ressentir la dynamique interne, le mouvement d'ensemble qui anime l'objet.

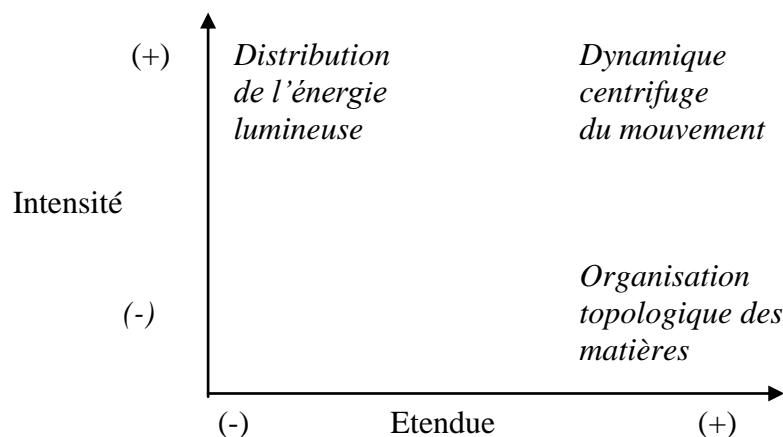
Sous-jacente à cette variation, se pose évidemment la question de la conservation de l'objet, et pas seulement de sa forme globale. Pour que l'objet soit identique à lui-même, et conservé à travers les trois configurations, il ne faut pas seulement qu'il soit postulé comme référent des trois en même temps, et il ne suffit pas que, du côté de l'expérience scientifique, on puisse passer de l'une à l'autre en continu par le moyen du calcul et du raisonnement astrophysique. Il faut en outre que, en tant que sémiotique-objet en transformation, cette transformation puisse être réglée par un modèle global de son contenu sémiotique, ce modèle étant associé, comme explication proprement sémiotique, à la transformation du dispositif d'expression.

¹¹ « Andromède victime d'une collision frontale », *Le Magazine de l'Observatoire de Paris*, Paris, n°6, 2006, p. 13.

Or, la brève description qui précède peut être prolongée par une analyse tensive, qui fera apparaître le principe de cette transformation réglée du contenu :

- (i) la première vue (au radiotélescope) se focalise sur les variations d'intensité, qui ordonnent en quelque sorte la topologie des plages : au centre l'intensité maximale forme une « masse » compacte ; à la périphérie, l'intensité affaiblie forme un nuage diffus ;
- (ii) la deuxième (aux infra-rouges) met en avant l'organisation topologique des masses de matière céleste, leurs différents modes d'occupation de l'espace, en groupes et en alignements, qui, à leur tour, ordonnent la distribution des effets de lumière et d'obscurité ;
- (iii) la troisième, en enfin, conjugue les deux, la distribution de l'énergie entre le centre et la périphérie, et la répartition des masses dans l'alignement de la spirale, en les associant dans le même effet de mouvement centrifuge : les masses perdent leur individualité, et se réduisent à leur forme globale orientée par le mouvement.

En somme, les trois configurations de l'expression visuelle renvoient à trois « états » tensifs du contenu sémiotique : trois états de la tension entre l'intensité et l'étendue :



Ce résultat est particulièrement instructif.

Nous avons longuement commenté les avatars et les relations allotopiques de l'immanence et de la manifestation respectives de l'expression visuelle et du contenu scientifique ; nous avons aussi montré que la mise en place de systèmes semi-symboliques rétablissaient des relations isotopiques au moins provisoires, et que ces relations isotopiques étaient l'indice de la formation d'un « contenu sémiotique » de l'image scientifique, contenu en partie soumis au contenu scientifique par l'intermédiaire des conventions et règles de transduction, mais saisissable en tant que tel, et participant d'une fonction sémiotique distincte.

Nous avons aussi supposé que, dans le circuit des instances de l'expérience, l'expérience scientifique nourrissait une « expérience conceptuelle », qui était elle-même une

condition de l'interprétation visuelle. Nous avons enfin postulé que, lors des usages technologiques et médicaux de l'imagerie, une « réduction pratique » autorisait l'exploitation directe (c'est la voie « herméneutique ») du contenu sémiotique de l'image, sans passer par le redéploiement systématique de son contenu scientifique.

Nous sommes maintenant en mesure de préciser quelles sont les conditions sémiotiques de toutes ces opérations. L'analyse des trois vues d'Andromède montre que :

- (i) le même contenu scientifique peut être associé à trois contenus sémiotiques différents, grâce à trois dispositifs d'excitation/réception et à trois processus de transduction différents ; ces trois contenus sont eux-mêmes corrélés, par la « fonction sémiotique herméneutique », à trois expressions spécifiques ;
- (ii) la solidarité entre les trois contenus sémiotiques repose certes sur leur association à un même contenu scientifique, mais surtout, et en outre, sur leur participation à un même cycle de transformations isotopes, que le modèle de la structure tensive permet de décrire et d'affecter globalement à une même sémiotique-objet cohérente.

Tentons ici une hypothèse : d'un point de vue sémiotique, la participation des trois contenus herméneutiques à un cycle de transformations isotopes, qui en fait trois états associés au sein d'une même sémiotique-objet, est l'indice de leur commune association à un même contenu scientifique. En d'autres termes, l'isotopie sur laquelle ils se transforment les uns dans les autres serait la manifestation sémiotique de l'existence (scientifique) d'un seul objet : l'objet exploré existe, l'isotopie des transformations sémiotiques l'atteste. Si cette hypothèse est valide,

- (i) alors on comprend pourquoi l'interprétation de l'image peut se passer de l'explication scientifique lors de la réduction pratique, mais on comprend aussi pourquoi, à l'inverse, l'explication scientifique ne peut pas se passer du contenu herméneutique de l'interprétation ;
- (ii) alors on comprend pourquoi, sous l'effet de dispositifs d'excitation/réception différents, des systèmes semi-symboliques peuvent se former, avec des contenus sémiotiques distincts, mais corrélés à un même contenu scientifique potentiel ;
- (iii) alors on comprend enfin comment le contenu scientifique immanent peut et même doit accepter une manifestation sensible, car c'est la condition de l'actualisation d'un contenu de type herméneutique.

Si cette hypothèse est valide, alors on peut commencer à préciser comment se constitue l'expérience conceptuelle : elle accueille et organise l'ensemble des traductions sémiotiques obtenues par cette mise en variation réglée des manifestations du contenu scientifique ; elle propose en somme des principes de transformation cohérents entre les différents produits des différents dispositifs d'exploration.

Un autre exemple permettra d'ébaucher une validation de cette hypothèse, ou du moins d'en circonscrire les limites et les conditions de validité : il s'agit de trois explorations

d'un même matériau, un matériau composite micro-poreux, composé d'une matrice de silice et de microparticules de zircon. La première exploration est micrométrique, la deuxième est nanométrique, la troisième est une représentation fractale.

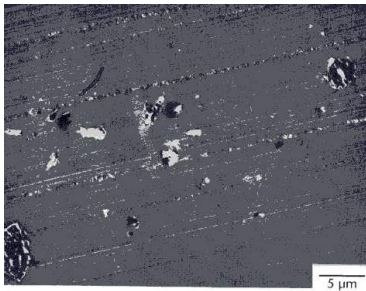


FIGURE 1

Observation d'un matériau microporeux (matrice de silice, microparticules de zircon) à l'échelle micrométrique (cliché MET).

La matrice microporeuse de silice apparaît en grisé. Les zones noires correspondent à des microparticules de zircon. Le faisceau de lignes parallèles barrant la matrice, ainsi que les zones blanches, trahissent des difficultés dans la préparation de l'échantillon.

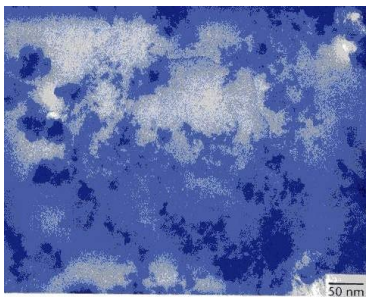


FIGURE 2

Observation d'une matrice microporeuse de silice à l'échelle nanométrique (cliché MET).

Les zones foncées correspondent à des nanoparticules de silice isolées ou regroupées en amas. Les zones claires représentent les pores de la matrice.

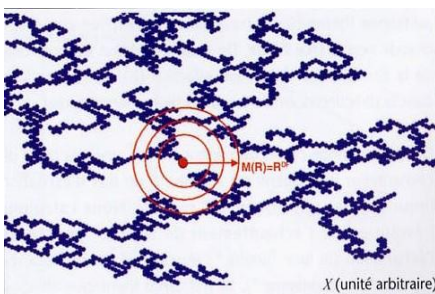


FIGURE 3

Représentation fractale bidimensionnelle de la matrice microporeuse.

L'algorithme d'évaluation de la dimension fractale calcule la masse solide $M(R)$ incluse dans chaque disque de rayon R . La dimension fractale est évaluée à 1,22.

L'organisation plastique de la première image est structurée par des directions parallèles : sur un fond grisé, des séries de points et de petits amas sombres et clairs forment des alignements inégalement distants les uns des autres, mais tous parallèles. La légende est en complet décalage avec ce dispositif, puisque (i) les deux matériaux sont respectivement identifiés au fond grisé et aux petites masses noires, et (2) l'essentiel de la composition en alignements parallèles est attribué à des « difficultés dans la préparation de l'échantillon » !

Dans la deuxième, la composition plastique ne fait plus appel qu'à de grandes plages claires, et à quelques petites plages sombres, toutes de formes aléatoires, singulières, et très découpées, et se détachant sur un fond grisé : en somme, une sorte de paysage céleste nébuleux. Les rapports établis dans la première vue sont ici entièrement modifiés, puisque le fond grisé ne correspond plus à rien de pertinent, la matrice de silice est localisée dans les petites masses sombres, et les grandes plages claires représentent les « pores » de la matrice.

La troisième vue est d'une tout autre nature encore, puisqu'il s'agit de la représentation graphique « fractale » de cette structure micro-poreuse, la projection sur l'écran d'un ordinateur de l'algorithme d'évaluation de la densité matérielle (la répartition de

la masse solide) à l'intérieur d'un disque de rayon « R ». Il est alors évident, dans cette troisième vue, que la formation d'un « contenu sémiotique » est impossible, et pas seulement en raison de l'incompétence de l'observateur (!), mais probablement parce qu'il n'y a aucune expérience conceptuelle correspondante, parce que le calcul ayant produit la représentation fractale ne peut être associé aucun contenu sémiotique, et la représentation fractale, à aucune immanence sensible. On a affaire à un « graphe », et non à une image iconique (cf. supra).

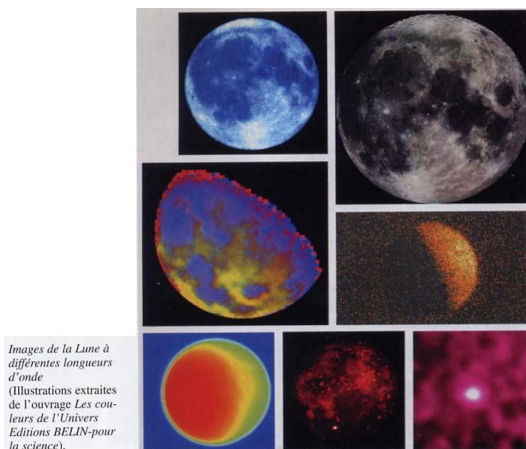
Entre ces trois images, qui pourtant renvoient toutes au même objet, aucune transformation isotope s'est envisageable dans les limites d'un même contenu herméneutique. Il est donc nécessaire, pour concevoir un cycle de transformations, de passer systématiquement par le contenu scientifique, qui assure la relation entre elles, ou plus précisément par les liens déductifs qui relient les trois niveaux du contenu scientifique. Dans ce cas, on ne peut pas constituer à partir de ces trois vues une seule sémiotique-objet, fût-elle en transformation. Par conséquent, sont encore valides les affirmations suivantes, comme dans l'exemple précédent :

- le même contenu scientifique peut être associé à trois contenus sémiotiques différents, eux-mêmes corrélés respectivement, par la « fonction sémiotique herméneutique », à trois dispositifs d'expression ;
- la solidarité entre les trois contenus sémiotiques repose sur leur association à un même contenu scientifique, décliné en trois propositions d'analyse différentes, à trois niveaux de pertinence scientifique différents.

Mais il n'est plus possible d'affirmer que la solidarité entre les trois contenus herméneutiques est fondée sur leur participation à un cycle de transformations isotopes, et par conséquent que cette solidarité serait un indice de la conservation de l'objet. Il y a bien un seul objet référent, mais trois objets d'analyse scientifique, et trois sémiotiques-objets autonomes.

La confrontation entre ces deux exemples conduit à distinguer deux formes de la

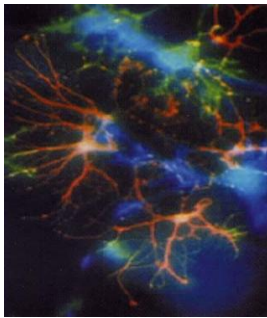
« méconnaissance » visuelle : (i) l'une, produite par des filtres technologiques spécifiques, mais qui conserve *grosso modo* les proportions et la forme globale de l'objet, et qui peut faire l'objet d'une résolution sémiotique, grâce à un parcours de transformations isotopes ; (ii) et l'autre, produite par des changements de niveau de pertinence et d'analyse (et pas seulement de grossissement et de proportion), qui induisent des changements de l'objet d'analyse, et qui ne supporte aucune résolution sémiotique.



Pour confirmation de ces conditions de validité, on peut se reporter à un troisième exemple : celui des images de la Lune¹², saisies sous sept longueurs d'ondes différentes, qui modifient toutes les propriétés plastiques, mais qui n'inhibent pas le processus de résolution sémiotique : le parcours de transformation isotope est envisageable, et la conservation de l'objet d'analyse scientifique peut être garantie à l'intérieur d'une seule et même sémiotique-objet.

LA MANIFESTATION DE L'ÉVÈNEMENT

L'imagerie scientifique donne à voir l'invisible. Mais nous avons jusqu'à présent raisonné comme ces objets invisibles existaient ; nous avons toutefois signalé (cf. supra) que l'invisibilité pouvait dans certains cas s'expliquer par la nature même de l'objet à explorer, nature fluente et processuelle. Du point de vue de l'analyse scientifique, ce type d'exploration implique un changement de niveau de pertinence, et par conséquent des dispositifs techniques qui, grâce aux filtres technologiques, aux marqueurs et à l'identification des « substances » de niveau inférieur, permettent de rendre compte des processus de niveau supérieur.



*Activité cérébrale
schizophrène
IRM fonctionnelle*

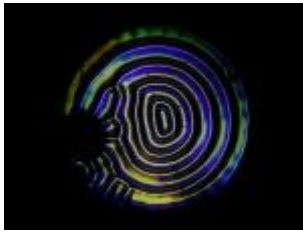
On peut aujourd'hui visualiser les processus cognitifs et émotionnels grâce à l'exploration de la circulation des substances dans les réseaux de neurones, grâce à la mesure de la densité des protéines, ou à celle des degrés d'excitation thermique ou chimique des substances. Trois niveaux de pertinence sont donc sollicités : le premier, celui dont il faut rendre compte, est celui de l'activité, du processus phénoménal (par exemple l'émotion) ; le second est celui des processus matériels que l'on cherche à décrire, et qui fournit l'explication du premier (échanges chimiques, degrés d'excitation, etc.) ; le troisième est celui de l'exploration elle-même, celui des marqueurs et des substances mesurables.

L'image (ci-contre¹³) propose une traduction visuelle du second niveau ; le plan de l'expression est constitué, au niveau de la manifestation, de formes, de couleurs, d'une composition d'ensemble, etc., et, au niveau de l'immanence, d'une distribution dynamique dans un espace tri-dimensionnel ; le plan du contenu herméneutique est une « activité » à lire dans la distribution dynamique précédente. Mais, si l'on prend en compte le contenu scientifique, le plan de l'expression de l'image doit alors être considéré comme la transduction visuelle de la mesure des marqueurs et de l'identification des substances du troisième niveau d'analyse.

¹² Yaël Nazé, *Les couleurs de l'univers*, Paris, Belin, 2006.

¹³ « Dossier Sciences cognitives : la schizophrénie », *Isotopes*, Lyon, Université de Lyon, n°42, 2006, p. 12.

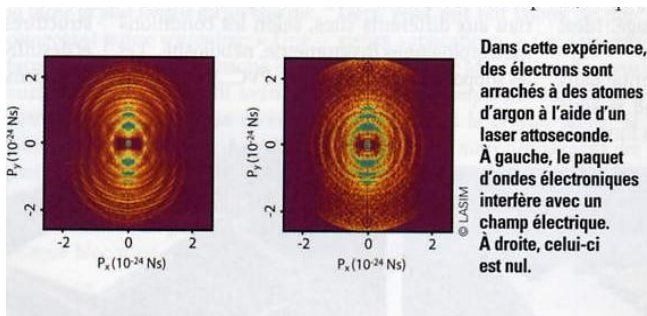
En somme, l'imagerie scientifique donne à voir des « choses qui n'existent pas » en passant à un autre niveau, où elles correspondent à des « choses qui existent ».



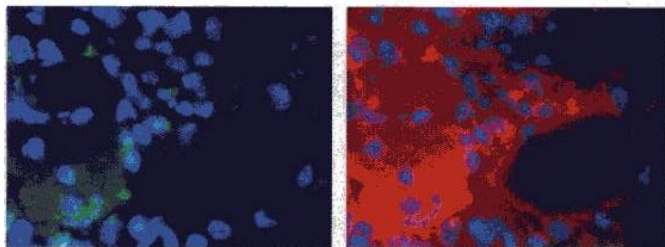
Convection de Rayleigh-Bénard
(circuit thermique interne à une cellule)

L'exemple de l'activité cérébrale montre déjà que les niveaux de pertinence ne se limitent pas à celui de l'expérience phénoménale et de l'expérience scientifique, puisque le dispositif implique deux niveaux différents dans l'expérience scientifique elle-même. Mais il faut généraliser ce principe à l'ensemble de l'imagerie : le principe même du réalisme scientifique veut en effet qu'à n'importe quel niveau d'analyse, ce qui se donne à saisir comme processus ou propriété fluente (comme, ci-contre, un mouvement de convection d'origine thermique) correspond, à un

niveau d'analyse inférieur à des substances ou éléments matériels identifiables (ci-contre : des molécules en mouvement).



En physique, la quête des « particules élémentaires »¹⁴, jamais achevée, témoigne de ce principe. Et le statut de l'image est dans ce cas toujours le même : le plan de l'expression résulte non pas directement de la conversion du processus, mais de la transduction de la mesure des éléments matériels, alors que le plan du contenu est produit par l'interprétation directe de la dynamique explorée. On « voit » des transductions de marqueurs chimiques, mais on interprète une activité neuronale ; on « voit » des transductions de mesures de particules électroniques, mais on



Dans un muscle de souris en régénération, on voit que le micro-ARN (en vert à gauche) est exprimé dans les mêmes cellules que le marqueur du muscle en formation (en rouge, à droite). Les noyaux des cellules sont bleus.

comprend qu'il s'agit d'interférences entre des ondes ; on « voit » des transductions de micro-ARN et de marqueurs cellulaires (ci-dessus¹⁵), mais on comprend qu'il s'agit de processus de formation et de régénération musculaire, etc.

Le récit de la dynamique des formes

Chaque image ne peut rendre compte que d'un état de la dynamique. Pour « raconter » cette dynamique, il en faut au moins deux, qui constituent respectivement l'état initial et l'état final. Nous retrouvons alors les conditions de la transformation isotope (cf. supra) : pour que la transformation puisse être comprise comme celle même de la dynamique d'un objet, il faut

¹⁴ *Le Journal du CNRS*, Meudon, n°202, 2006, p. 12.

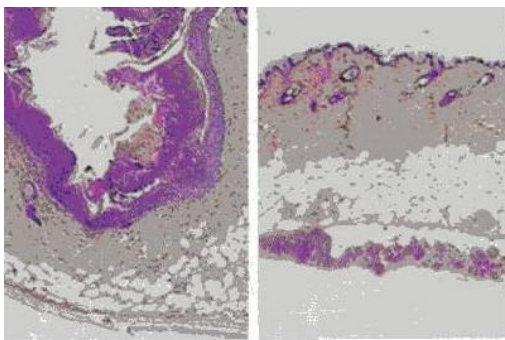
¹⁵ *Le Journal du CNRS*, Meudon, n°200, 2006, p. 8.

que les éventuels changements de filtre technologique ou de grossissement respectent les limites de validité fixées plus haut.

Le cas le plus simple est celui où la différence entre deux images est exclusivement temporelle : même cadrage, même technique, et on peut alors assister, comme dans le cas de la bulle micrométrique dans un jet de matière, à une aspectualisation du processus (formation & stabilisation de la bulle, cicatrisation du jet). L'image permet alors de raconter de manière discontinue (visuellement) un processus continu relevant de la dynamique des fluides.



Mais, dans la plupart des cas, et notamment quand les processus sont de longue durée, de nombreux paramètres du dispositif d'exploration peuvent changer (le cadre, la technique, les marqueurs, etc.), et même parfois l'échantillon prélevé, c'est-à-dire l'objet exploré lui-même. C'est le cas, par exemple, quand on observe la transformation de tissus vivants : le récit se compose alors de deux images obtenues à partir de deux prélèvements successifs de tissus, prélevés certes sur le même animal, et dans la même zone, mais il est évident, sans qu'il soit nécessaire de le démontrer, que ce ne sont pas les mêmes « parties » du tissu qui sont examinées.



Un modèle de souris développe un lupus caractérisé par des lésions cutanées (à gauche au centre de la coupe histologique de l'épiderme). À droite, après deux mois de traitement par le trioxyde d'arsenic, les lésions ont disparu, les tissus sont plus resserrés.

Dans ce cas, l'interprétation doit reconstituer un plan isotope, alors même que l'objet exploré a changé : deux objets différents, visualisés à des moments différents et dans des conditions différentes, renvoient pourtant à une transformation isotope d'un même « système » tissulaire. Il est clair, dans ces conditions, que le contenu herméneutique, celui où se construisent les systèmes semi-symboliques nécessaires à l'interprétation, contenu proprement sémiotique, propose un principe de conservation de l'objet, alors même que l'objet de l'analyse scientifique a changé.

Rapporté au cas examiné précédemment, où les changements de technique d'exploration et de visualisation produisaient plusieurs objets d'analyse différents, ce cas de transformation narrative introduit une condition supplémentaire : si, sur une série d'objets d'analyse différents, il est possible de projeter une transformation narrative, alors l'allotopie qui disjoint ces objets différents est interprétable comme le seul effet du dispositif

expérimental, et non comme une différence irréductible entre niveaux de pertinence. Le récit, en somme, résout l'allotopie.

Conclusion

L'imagerie scientifique déniaise le sémioticien : elle l'oblige à dissocier pour commencer la stabilisation iconique et l'illusion référentielle ; elle lui impose ensuite la reconstitution d'un schéma des instances de l'expérience qui comporte cinq positions (expériences visuelle, phénoménale, scientifique, conceptuelle et pratique), alors que celui le plus couramment utilisé n'en comporte que deux ou trois ; elle lui propose enfin une autre conception du réalisme interprétatif, reposant sur des modulation des modes d'existence, et sur des syncopes et raccourcis, dans le circuit des instances de l'expérience.

L'imagerie scientifique s'efforce en somme, en composant deux fonctions sémiotiques complémentaires, et en jouant de la réduction pratique du circuit des instances de l'expérience, de résoudre l'aporie du réalisme scientifique, celle qui oppose sans pouvoir les concilier l'expérience phénoménale et l'expérience scientifique. Cette résolution, on l'a vu, est loin d'être triviale, puisqu'elle implique l'intervention de trois autres types d'expériences ; elle a pour conséquence l'instauration d'un régime de croyance spécifique, une « forme de vie » sémiotique de même rang, mais profondément différente, de celle qui sous-tend la plupart des médias contemporains.