Comment le sens vient-il à l'image? Analyse d'une conversation autour d'un microscope en physique des matériaux

Catherine Allamel-Raffin

▶ **To cite this version:**

Catherine Allamel-Raffin. Comment le sens vient-il à l'image? Analyse d'une conversation autour d'un microscope en physique des matériaux. X° Colloque bilatéral franco-roumain, CIFSIC Université de Bucarest, 28 juin – 3 juillet 2003, May 2003. sic_00000581

HAL Id: sic_00000581

https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00000581

Submitted on 2 Sep 2003

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Allamel-Raffin Catherine

Doctorante en 71ème section à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg

IRIST/GERSULP
Institut de Recherches Interdisciplinaires sur les Sciences
et la Technologie/ EA 3424
Groupe d'Étude et de Recherche sur la Science de l'Université Louis Pasteur
7, rue de l'Université
67000 - Strasbourg (France)
Tél : +33 (0)3 90 24 06 11
Fax : +33 (0)3 90 24 05 84
Mél : catherine.raffin@gersulp.u-strasbg.fr

Comment le sens vient-il à l'image ?
Analyse d'une conversation autour d'un microscope en physique des matériaux

La production des images au sein d'un laboratoire de physique des matériaux est éminemment problématique et occupe un temps considérable dans le processus de recherche. Un scientifique peut passer plusieurs mois avant d'obtenir une image satisfaisante à l'aide d'un des microscopes disponibles dans le laboratoire. Afin de comprendre comment le sens conféré à une image ainsi produite naît et se stabilise, nous nous proposons d'analyser une conversation autour d'un microscope en nous appuyant notamment sur les acquis théoriques du Groupe μ. Ceux-ci nous permettront de mieux comprendre comment les chercheurs parviennent à créer un univers sémantique commun. Notre analyse mettra également en relief le poids des marqueurs indexicaux et le rôle joué par des facteurs qui restent à l'état implicite (contexte expérimental, savoir-faire, attentes particulières, etc.). Nous verrons ainsi que le sens assigné à l'image par les chercheurs au moment de sa production possède un caractère éminemment contextué, local et provisoire. Nous évoquerons alors deux procédures qui contribuent à assigner une validité générale à ce sens : l'interinstrumentalité et le recours aux images de synthèse.

1. Plantons le décor…

1.1. Le laboratoire d'accueil.

Le Groupe Surfaces/Interfaces (ou GSI) fait partie d'un ensemble plus vaste : l'Institut de Physique et Chimie des Matériaux de l'Université Louis Pasteur à Strasbourg (ou IPCMS). C'est un laboratoire qui mène des recherches essentiellement expérimentales. On y étudie les structures et les propriétés des surfaces de matériaux (en général inorganiques) afin de permettre le développement de matériaux et la maîtrise de leurs propriétés.

1.2. Présentation du microscope électronique à transmission

Le microscope électronique à transmission ou MET est un microscope qui a une résolution de l'ordre de l'Ängstrom (1 Å= 0,1 nanomètre). Le grandissement est obtenu au moyen d'un faisceau d'électrons qui passent au centre d'une série de lentilles électro-magnétiques. Les électrons traversent les échantillons à observer. Ces derniers sont extrêmement minces et prennent place dans un bâti où règne le vide. Les échantillons étudiés au GSI sont en général des dépôts de métal sur un substrat métallique, par exemple un dépôt de nickel sur un substrat de cuivre. Les images obtenues avec le MET représentent de très petites zones de l'échantillon puisqu'on peut travailler à l'échelle de deux atomes. Une caméra et un écran visualisateur permettent d'observer les zones étudiées et par la suite de numériser des données qui subiront un traitement informatique.

1.3. Les difficultés liées à la production des images

Elles sont considérables. Plusieurs facteurs se conjuguent :

- L'absence de référent externe macroscopique

En microscopie électronique, l'image est produite en recourant non à la lumière visible, mais à des électrons. Or nos yeux sont insensibles à ce type de rayonnement. Toute comparaison de l'image avec une réalité d'ordre macroscopique s'avère donc impossible.

- La production d'artefacts[1]

Il s'agit de parvenir à distinguer, avec la plus grande efficience possible, les artefacts du signal pertinent. Etablir une distinction entre un artefact et une réalité physique est difficile car l'image résulte de l'interaction de trois éléments : la source de rayonnement, ici le faisceau d'électrons, l'échantillon et l'ordinateur, qui permet de produire l'image. Ces trois éléments sont sources quotidiennes d'artefacts.

- Le caractère local des images

Il est extrêmement laborieux de conférer à ces images produites à l'aide d'une méthode d'investigation locale (en l'occurrence, un microscope qui permet d'étudier des zones de l'échantillon comportant quelques atomes en haute résolution) une portée qui sera valable pour l'ensemble des échantillons du même type (soit des milliards d'atomes).

L'addition de tous ces facteurs entraîne une grande incertitude quant au sens des images. Afin de la réduire, la phase de production de ces dernières est toujours une entreprise collective. C'est au cours d'échanges verbaux très abondants entre les chercheurs, que petit à petit, s'établit un accord provisoire sur le sens à conférer aux images retenues en commun.

2. Extrait d'une conversation autour d'un microscope

La durée d'une séance d'observation au MET est de deux à trois heures. Les chercheurs apportent quelques échantillons (moins d'une dizaine) qu'ils souhaitent examiner. La séance d'observation se fait en présence de :

[1] Artefact est pris ici au sens d'effet indésirable.

- la microscopiste ; elle choisit les zones d'observation, le type de grandissement et effectue les réglages multiples du microscope
- du chercheur qui a confectionné les échantillons
- d'autres chercheurs intéressés par l'étude.

Prenons l'exemple d'une séance d'observation[2] que nous avons enregistrée au GSI. Un chercheur (C3), accompagné de deux collègues (C1 et C2), apporte la feuille récapitulant le contenu d'un échantillon (silicium, cobalt, fer et cuivre) et ses conditions d'élaboration. C'est la microscopiste (M) qui manipule : les chercheurs se trouvent placés derrière elle et commentent au fur et à mesure. Nous allons reproduire un court extrait des propos tenus, et parallèlement, nous livrer à un commentaire visant à expliciter leur sens.

(…)

(7) M : (…) Voilà, là, x 220 000. *(Elle montre un point précis sur l'écran)*	J'ai choisi un grandissement de x 220 000, c'est-à-dire un grandissement pas trop élevé pour me faire une idée d'ensemble.
On est vraiment à l'extérieur.	Vu ce qui apparaît à l'écran, je sais qu'on est sur le bord de l'échantillon car j'aperçois la limite extérieure.
Ça, c'est du moiré. *(Elle désigne une zone sur l'écran)*	Je perçois des zones avec différentes nuances de gris, certaines mates et d'autres brillantes. La texture est moirée. Par expérience, je sais que c'est une zone peu intéressante. Le faisceau d'électrons ne traverse pas aisément ce type de zone. On a affaire à des couches atomiques mal organisées.
Ça, c'est des grains qui se superposent. (*Elle désigne les différentes parties sur l'écran*).	Je perçois également des zones circulaires, dans des gammes de gris foncé. Ce sont des grains. Par expérience, je sais que c'est une zone polycristalline. C'est une zone inintéressante car non organisée sur le plan atomique.
(…)	
C'est vraiment des grains, c'est pas une couche homogène.	Ce sont vraiment des grains. Cela confirme ce que je pensais, c'est-à-dire que j'identifie des zones circulaires dans une gamme de nuances de gris foncé. C'est une couche inintéressante car elle est polycristalline. Ce n'est pas une couche qui ne contiendrait que du cuivre ou du fer. Les différents composants de l'échantillon se sont mélangés. Cela signifie qu'on ne peut rien en

[2] Extrait de la séquence d'observation au microscope électronique à transmission du 15/12/1999.

	faire puisque ce qu'on cherche à obtenir, ce sont des couches en millefeuilles afin de voir ce qui se passe à l'interface des couches.
(…)	
(10) C3 : Alors ?	As-tu déjà vu les couches de métaux que j'espère voir ?
(11) M : Alors, c'est de la merde !	Je pense que ton échantillon est de mauvaise qualité. Je ne vois que des zones polycristallines. Il faut changer les conditions d'élaboration de ton échantillon.
Le substrat vers là. (*De la main, elle désigne une zone sur l'écran*). La zone claire, c'est du cuivre qui s'est fait la malle. Ta couche de polycristallins, tu vois rien dedans.*(La microscopiste montre à C3 sur l'écran caméra ce qu'elle vient de décrire.)*	Pour t'aider à comprendre ce que tu vois sur l'image : voici le substrat, et ici, c'est une couche de cuivre mais elle est incomplète et inexploitable. Dans la zone polycristalline, on ne peut rien distinguer d'intéressant.
(12) C3 : Fer, cuivre, fer, etc. Tu vois rien ?	Je m'attendais en déposant du fer puis du cuivre, puis à nouveau du fer, à voir des couches de métaux bien distinctes. Je ne comprends pas pourquoi on ne peut les voir.
(13) M : C'est vraiment polycristallin. On voit rien.	Je ne vois pas de couches de cuivre, ni de fer. Je ne vois que des zones polycristallines où fer et cuivre sont mélangés, bref des zones inexploitables.
(14) C3 : T'as regardé d'autres régions?	Tu as regardé sur une petite zone de l'échantillon ? Peut-être qu'elle n'est pas représentative de tout l'échantillon ?
(15) M : Quand je regarde là… Bon, là, je ne suis pas orientée. *(Elle désigne un point précis)*. Je me réoriente. Le substrat est là, il y a érosion. *(Elle désigne une zone à l'écran)*. On va faire une étude de ce côté-ci. *(Elle désigne une autre zone à l'écran)*.	J'ai déjà regardé, mais je veux bien examiner une autre zone. Ici, cette zone sombre, c'est le substrat, on dirait qu'il y a une zone plus fine, érodée. On va tenter d'examiner cette zone plus fine.
(16) C3 : Je comprends pas, le cuivre n'a jamais fait ça. Tu sais ce que c'est ? *(Il désigne une zone de l'écran)* C'est la couche de silicium oxydé. Tu peux agrandir là ? *(C3 désigne un point précis sur l'écran)*.	Je ne vois pas d'où peut venir le problème. Je sais qu'en déposant ce type de matériaux, on obtient des zones bien distinctes. Je vois une couche plus claire, c'est du silicium oxydé. Je perçois non loin de là une fine ligne blanche. Est-ce la couche de fer que je cherchais à obtenir ? Le grandissement n'est sans doute pas suffisant pour l'observer nettement.
(17) M : Oui, d'accord, je l'avais vu.	Effectivement, maintenant que tu me montres la ligne blanche, je la vois également.

(18) C3 : Là, je vois la zone. *(Il montre à nouveau le même point précis)*.	Je suis certain que c'est bien une couche de fer. C'est cohérent avec son emplacement sur l'image et avec les conditions d'élaboration de l'échantillon.
(…)	
(22) C3 : Il faut de la haute résolution, on est à 6 / 7 Angström ! (*dans la zone qui l'intéresse*).	Je m'attendais à une couche large de quelques atomes seulement. Il faudrait pour l'étudier correctement de la très haute résolution.
(23) M : Je peux pas, là je suis à x 220 000.	Je ne peux pas faire de haute résolution aujourd'hui pour des raisons techniques. Le vide n'est pas assez bon. En ce moment, je suis à x 220000.
(…)	

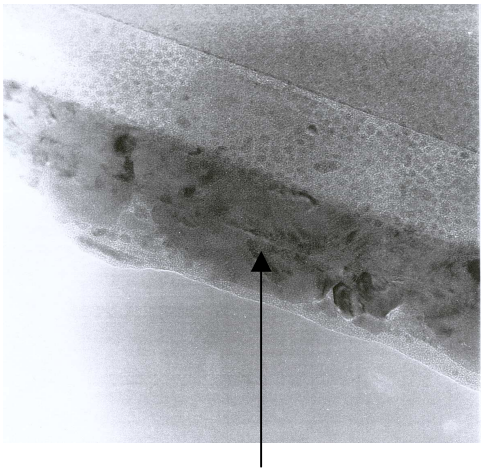

Fig. 1. Ligne blanche que les chercheurs évoquent dans la conversation
Image MET Multicouches cuivre, fer, cobalt sur silicium x 840000
(Doc : G. Erhet – GSI).

Nous voyons bien à travers cet extrait qu'il est très difficile pour les chercheurs de donner sens à ce qu'ils voient. Il leur faut identifier les éléments contenus dans l'image et parvenir à un accord quant à cette identification. L'objectif est bien la création d'un univers sémantique commun. Celui-ci doit comporter un certain nombre d'unités minimales et de relations entre ces unités minimales. A partir de là se construit le sens des images au cours d'une observation déterminée, mais aussi pour les observations à venir. La constitution d'un tel univers sémantique suppose d'abord la prise en compte de la matérialité des images. Celles-ci présentent des caractéristiques matérielles perçues par les appareils sensoriels des chercheurs. C'est cette dimension première que nous souhaitons étudier d'abord, en recourant aux travaux menés par le Groupe µ. L'approche microsémiotique de ce dernier vise précisément à rendre compte de l'émergence du sens lié à la matérialité de l'image, au niveau des composants élémentaires de celle-ci.

2.1 Première étape de la construction du sens : la perception

Au départ, on trouve donc l'expérience perceptive des chercheurs. L'activité perceptive visuelle consiste à détecter des *qualités* dans un champ donné, selon la terminologie élaborée par le Groupe µ. En effet, l'œil ne se contente pas de repérer de multiples points juxtaposés. Si ces points ont même luminance et même couleur, ils sont perçus comme constituant ensemble une tache ou une forme précise. Une telle qualité perçue est dite translocale. Les paramètres à partir desquels on identifie des qualités sont *la forme, la dominante chromatique*, *la texture*. Une partie de ces paramètres apparaît bien dans notre extrait : pour ce qui est de la forme, les chercheurs parlent de « couches », de « zones », de «lignes ». Concernant la texture, la microscopiste évoque « le moiré » alors qu'à l'occasion d'autres observations, elle emploierait les adjectifs « granuleux » ou « nuageux ». Enfin, la dominante chromatique selon le Groupe µ se décompose en *couleur*, *saturation* et *luminance*. Les images prises au MET sont donc constituées par une gamme de gris, plus ou moins saturés et plus ou moins lumineux : la microscopiste évoque ainsi une « zone claire ».

Si l'on reprend l'observation effectuée par les chercheurs sous sa forme explicitée par nous, on peut relever que détecter la qualité « blanc » sur une image produite grâce au MET a permis de distinguer une ligne blanche qui est *une entité*, c'est-à-dire une qualité devenue chose, une *qualité réifiée*, et de la discriminer par rapport à son environnement (le gris).

On ne peut en effet distinguer des entités que grâce à une relation de contraste entre deux qualités : la notion d'entité présuppose donc celle de différenciation. L'aspect le plus important du mécanisme de différenciation, c'est *le seuillage*. Les variations de stimulus inférieures à une certaine intensité – le seuil – ne sont pas prises en considération. L'œil de la microscopiste pourtant accoutumée à ce travail, n'a pas procédé à ce seuillage dans le cas de la « couche » (ressemblant à une très fine ligne blanche) observée par le chercheur C3. On peut avancer ici comme facteur explicatif essentiel le fait qu'elle ne s'y attendait pas. La difficulté, lorsqu'on travaille avec le MET, c'est précisément d'établir des seuils afin de déterminer les entités – d'où la pertinence d'une telle notion de seuillage. La conjonction de ces deux acquisitions simultanées – qualité et entité – constitue une connaissance élémentaire. Cette dernière peut être stockée dans la mémoire (cela permet de comparer entre elles des qualités et des entités au-delà de l'expérience immédiate).

2.2 Deuxième étape de la construction du sens : de l'objet à l'encyclopédie.

Quand l'expérience des qualités et entités fait apparaître des coordinations régulières, qui possèdent une certaine constance dans le temps, on dira qu'on a affaire à un *objet*. Par exemple, les scientifiques ont fait de nombreuses fois l'expérience, sur divers échantillons, de zones rondes, à l'aspect granuleux, gris foncé et peu lumineuses. Cet objet est appelé « grain » et est constitué de qualités coordonnées.
L'identification des objets ne suffit pas. Conformément à ce que tout être humain tend à faire spontanément, les chercheurs regroupent ou séparent les objets. Ils se livrent ainsi à une activité de classification. Comment des classes finissent-elles par être constituées ? En repérant des qualités associées, c'est-à-dire des objets dans le temps et en les recoupant : zones comportant des grains, c'est-à-dire des zones rondes, à l'aspect granuleux, gris foncé et peu lumineux = couche de polycristallins au MET. La mise en évidence et le stockage d'entités permet d'élaborer des *classes d'objets*.

Ces classes une fois constituées, il faut encore mettre au point des ensembles de règles les régissant. Par exemple, sur les bords d'une couche de polycristallins, on peut trouver

éventuellement une zone non polycristalline : celle-ci ne sera jamais située au centre de la zone polycristalline. Nous assistons ainsi à l'élaboration progressive d'*encyclopédies* définies comme « un système donné de classement d'entités distinguées selon leurs qualités et auxquelles on attribue certaines interactions. » (Klinkenberg, 2000 ; p. 106). Ces encyclopédies pouvant être personnelles ou collectives. Leur constitution requiert une fréquentation des microscopes du laboratoire, longue et riche en expériences diverses. La sédimentation (individuelle et collective) est lente et jamais achevée.

2.3. Nomination et monstration

Cette deuxième étape du processus de lecture d'image qui consiste à identifier des objets à les regrouper en classes, puis en encyclopédies permet de passer du stimulus au sens. C'est une sorte de « mise en sens » des perceptions. Mais cette « mise en sens » ne suffit pas tant ce qu'on voit sur un écran de MET est incertain en raison des difficultés évoquées plus haut. Il s'agit pour les scientifiques, une fois qu'ils ont perçu un certain nombre de qualités, d'entités, d'objets, de classes, de les nommer et de les désigner du doigt sur l'écran afin de partager leur interprétation de l'image avec les autres chercheurs.

2.3.1 L'indexicalité

Durant cette deuxième étape de la construction de sens, les marqueurs indexicaux sont extrêmement nombreux. On trouve des termes comme « ça », « là », « c'est ». Par exemple dans la réplique :

(7) Ça, c'est du moiré. Ça, c'est des grains qui se superposent. (*Elle désigne les différentes parties sur l'écran*).

Ils permettent au locuteur d'énoncer et de partager le sens qu'il a conféré à ses propres perceptions privées. Cette étape où l'indexicalité est omniprésente est essentielle : c'est le moment où naissent les différends et où se construisent les accords entre chercheurs.

2.3.2 Le lexique courant et les néologismes

Dans le cadre de la constitution d'un univers sémantique commun, le lexique utilisé est courant: il s'agit de termes simples. L'objectif premier est de se comprendre rapidement : on parle de lignes, de barrières de spaghettis, de nuages, d'oignons…Cette phase de constitution d'un univers sémantique commun offre parfois l'occasion d'enrichir le lexique. Il peut s'agir de néologismes ou de création de nouvelles acceptions de termes ou d'expressions déjà existants. Prenons un exemple, celui des fullerènes : ce sont des objets de carbone qui ont la forme d'un ballon de football. Les chercheurs les ont appelés à un moment des « foot balloons ». Ils les appellent maintenant des « fullerènes » du nom d'un architecte, Fuller, qui a conçu des dômes ayant une forme assez proche de celle de ces systèmes.

Pour conclure ce point, la création d'un univers sémantique commun est une condition essentielle de l'assignation d'un sens à l'image, en l'absence de tout référent externe. Ce processus de création est long et est rendu possible par la conversation. Ce que l'on peut entendre au cours de la conversation n'est cependant que la partie émergée d'un iceberg.

3. L'implicite : la partie immergée de l'iceberg

En effet, en tentant plus haut d'expliciter le contenu de certains de ces échanges verbaux, nous avons indirectement souligné l'importance de l'implicite, part essentielle de toute conversation. Ce dernier joue un rôle majeur quand il s'agit d'assigner collectivement un sens à une image. Il est constitué notamment par les savoirs encyclopédiques sédimentés, le contexte, les attentes des chercheurs.

3.1 Les savoirs encyclopédiques sédimentés

Tous les scientifiques présents lors d'une observation au MET sont possesseurs d'un savoir encyclopédique sédimenté acquis au cours des années de formation et de recherche. Ce savoir est d'ordre théorique (connaissance des théories physiques reconnues) et pratique (pratiques liées à la manipulation des instruments, à l'élaboration des échantillons, à la lecture des images). Des éléments de ce savoir encyclopédique ne sont explicités que dans les cas d'incertitude. Par exemple, le fait qu'un faisceau d'électrons traversera difficilement une zone polycristalline est une connaissance encyclopédique acquise par expérience. Dans le cadre de la conversation étudiée, la microscopiste doit énoncer cet élément de savoir. A la réplique (13), elle dit : « C'est vraiment polycristallin. Tu ne vois rien dedans. » afin de tenter de convaincre le chercheur qu'il ne verra rien sur cet échantillon.

Chaque scientifique aura évidemment un savoir encyclopédique personnel différent de ses pairs. La microscopiste connaîtra parfaitement les théories physiques relatives à la production et à la propagation d'un faisceau d'électrons. Elle connaîtra également tous les usages possibles et tous les artefacts relatifs à son appareil. Ces derniers sont nombreux et quotidiens. A ceci vient s'ajouter un savoir reposant sur la lecture de milliers d'images de matériaux différents. Les chercheurs, quant à eux, auront une connaissance des théories physiques constamment réactualisée, surtout celle se rapportant aux matériaux qu'ils utilisent pour leurs études. Ils ont acquis également un savoir pratique accumulé quant à la préparation des échantillons. A ceci vient s'ajouter un répertoire d'images que les chercheurs ont eu l'occasion d'examiner dans des publications de collègues, dans des colloques, etc.
C'est pourquoi probablement le chercheur de la conversation étudiée s'attendait à voir une couche très fine de métaux de quelques Angstroms seulement. Il est probable qu'il ait déjà vu ce type d'images dans des publications.

3.2 L'importance du contexte

Le contexte dans notre cas n'est pas « homogène ». Pour la microscopiste, le contexte pourrait être défini comme la prise en compte de plusieurs facteurs. La connaissance de son microscope à l'instant où elle est en train d'observer est l'un de ces facteurs essentiels. Par exemple, la qualité du vide régnant dans le bâti où se trouve inséré l'échantillon doit être satisfaisante. Si elle ne l'est pas, cela peut donner lieu à mésinterprétation lorsqu' elle est en haute résolution et en revanche, cela aura assez peu d'incidence lorsque le grandissement est faible. Suivant le type d'étude effectuée, la microscopiste sait si le vide est de qualité suffisante ou non.
Pour le scientifique, le contexte peut se définir essentiellement par sa connaissance très fine des manipulations expérimentales qu'il a dû effectuer pour élaborer son échantillon (le type de dépôt par exemple, le temps de déposition, les difficultés rencontrées lors de la phase d'amincissement de l'échantillon…).

3.3 Les attentes

La prise en compte des savoirs encyclopédiques sédimentés et la connaissance du contexte permettent l'élaboration plus ou moins consciente d'attentes relatives à ce qu'il convient de voir sur les images. Ces attentes ne sont pas formulées clairement. Très souvent, elles sont sensiblement différentes chez les uns et les autres. L'extrait choisi est particulièrement éloquent à cet égard. Ces attentes ont engendré une différence dans la manière de seuiller, c'est-à-dire dans la manière de prendre en compte certaines qualités. Pour la microscopiste, sans attente déterminée, il n'y avait rien à voir. Pour le chercheur, l'attente portait sur la présence d'une ligne blanche identifiée comme une couche de fer très fine.

3.4 Les savoirs distribués

L'étude trop succincte de notre conversation à laquelle nous venons de nous livrer, permet d'affirmer que nous avons affaire à la mise en oeuvre d'un savoir distribué qui conduira à l'assignation d'un sens. Chercheurs et microscopiste ne peuvent se passer l'un de l'autre, chacun ayant un savoir encyclopédique théorique et pratique et une connaissance du contexte propres. Sans mutualisation de ces éléments, sans mise en commun, impossible de produire de telles images et de leur assigner un sens. Il n'y a donc pas d'évidence de l'image dans un tel laboratoire. Le sens qui naît de cette phase d'observation à l'aide d'un microscope est un sens local, construit collectivement au cours de la conversation. Ce sens est provisoire et potentiellement révisable.

Les chercheurs sont conscients de la fragilité de ce sens : en raison d'une part des dysfonctionnements possibles du dispositif matériel imposant ; en raison, d'autre part, des limites humaines quant à l'interprétation. Comme il n'est pas possible de disposer d'un référent macroscopique et que l'on ne peut reproduire à l'identique une expérience car les échantillons sont détériorés par l'examen dans le microscope, il faut trouver d'autres stratégies en vue de stabiliser le sens conféré à l'image lors de sa production. Ce sens sera stabilisé en ayant recours à deux types de processus : ce que j'appellerai l' « interinstrumentalité » d'une part ; en recourant aux images de synthèse, d'autre part.

4. L'interinstrumentalité

Définissons ce que nous entendons par interinstrumentalité : il s'agit d'avoir recours à des instruments conçus sur des principes physiques différents, apportant de ce fait un type d'information physique spécifique à chaque instrument à propos des échantillons retenus. Ces informations pourront être d'ordre chimique topographique, électronique, etc.

Prenons l'exemple d'un chercheur qui a pour objectif de maîtriser l'obtention de nanotubes de carbone et qui entreprend d'examiner un échantillon sur lequel, à son sens, il a fait croître de tels nanotubes. A l'aide d'un microscope à balayage ou MEB, microscope qui permet une analyse de la surface de l'échantillon, il voit de manière très distincte une « forêt de spaghettis », qu'il identifie comme étant les nanotubes attendus. Mais afin de corroborer son hypothèse, il souhaite étudier son échantillon au MET qui permet en l'occurrence d'obtenir des précisions d'ordre chimique. Plusieurs séances de travail au MET ne donnent pas le résultat escompté, le chercheur semble voir des traces de nanotubes, mais l'analyse chimique

de ces traces ne révèle pas de carbone. Les informations délivrées par le MEB et le MET semblent contradictoires.

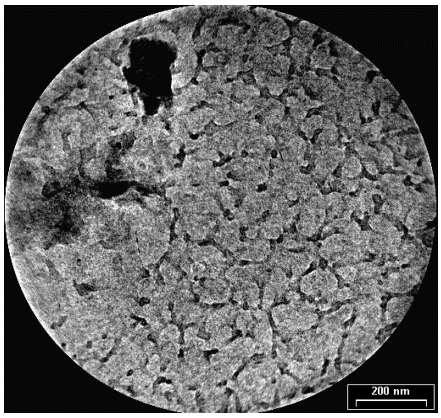

Fig.2 Image MET
Traces de nanotubes?
(Doc. : G. Erhet – GSI).

Comment expliquer ce fait étonnant ?

Le chercheur va donc tenter d'éliminer toutes les causes possibles d'artefact. C'est une phase très difficile, car en fait le chercheur ne sait pas *a priori* si ses difficultés sont induites par un artefact unique ou par la conjonction malheureuse de plusieurs artefacts. Au terme d'un processus qui va nécessiter trois mois de travail, il va se rendre compte que c'est le mode de préparation de l'échantillon qui est en cause : il pensait produire des nanotubes de carbone. En fait, il s'agit d'une toute autre substance. Dans le cas présenté, le recours à l'interinstrumentalité n'a pas permis de stabiliser le sens qui avait été conféré aux premières images du MEB. Pour le chercheur du GSI : une seule image réalisée à l'aide du MET, par exemple, ne sera pas considérée comme probante. Il faudra convoquer d'autres techniques (MEB, microscope à effet tunnel, microscope à force atomique) qui permettront de produire d'autres images afin de pouvoir repérer ce qui reste stable d'une image à l'autre.

5. Le recours à des images de synthèse : images de simulation ou de modélisation

Ces images sont produites, à l'aide de modèles logico-mathématiques et de ce fait, sont dégagées de toutes les contraintes expérimentales réelles liées à l'usage des microscopes. Elles sont de deux types : les images de simulation et celles de modélisation. Nous ne prendrons pour exemple que les images de simulation. Dans le cas de ces images, la tâche de l'informaticien va consister à entrer sous forme de programmes toutes les données d'une expérimentation virtuelle dans l'ordinateur.
Pourquoi procéder de la sorte ? Pour recréer artificiellement des conditions d'expérimentation que l'on ne pourrait obtenir que très difficilement ou pas du tout dans le cadre d'une expérimentation réelle, et permettre ainsi aux scientifiques de visualiser des états de la matière auxquels ils n'auraient pas accès autrement. Les images de simulation permettent d'éviter les aléas expérimentaux qui sont très nombreux. Elles peuvent également faciliter la variation des paramètres expérimentaux virtuels. Une fois le programme écrit, il est très facile de faire

varier précisément la température par exemple, entreprise bien plus périlleuse dans le cadre d'une expérimentation réelle.
Les images simulées, soit s'insèrent dans un processus d'investigation, soit en constituent le terme. Elles s'y insèrent lorsqu'elles donnent à voir un état problématique de la matière qui sera l'occasion d'ouvrir sur d'autres investigations. Lorsque les images de simulation sont le terme du processus, elles reproduisent sous une forme épurée, voire parfaite, ce que les images résultant d'une expérimentation ne montraient qu'avec des imperfections. Elles sont souvent présentées côte à côte sur les posters ou dans les articles ; elles jouent donc en quelque sorte le rôle d' « argument renforçateur ».

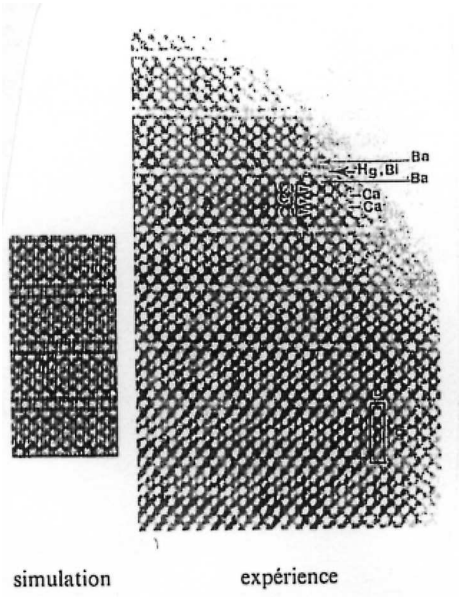

Fig. 3. Image MET de la structure d'un composé au mercure 1223 supraconducteur à environ 120 ° K. Comparaison avec l'image simulée numériquement à partir d'un modèle de structure cristalline (Doc. : M.-Y. Hervieu – Caen).

Conclusion :

L'étude d'une conversation autour d'un microscope nous a permis de montrer le difficile processus qui permet à une image de prendre sens. Se livrer à une réflexion sur la production des images produites dans un laboratoire de physique des matériaux inclut donc nécessairement de telles analyses de conversation. C'est le seul moyen de comprendre à quel point une telle production d'images est contextuée, locale et construite, point que négligent souvent les tentatives philosophiques de reconstruction rationnelle de la découverte scientifique. Il ne faut pas tomber dans le piège inverse, un relativisme qui s'en tiendrait à cette dimension étroitement locale de la découverte. L'interinstrumentalité permet en effet de viser à obtenir la plus grande cohérence possible entre des résultats obtenus avec différents instruments. Les chercheurs ont également recours aux images de synthèse. En fin de parcours, ils peuvent élaborer dans leurs publications des faisceaux d'indices convergents, ce qui permet de conférer un statut de généralité à des résultats locaux, comme nous l'avons vu à travers un exemple précis.

Bibliographie :

GROUPE μ (1992) *Traité du signal visuel. Pour une rhétorique de l'image*, Paris, Seuil Coll. La couleur des idées.
KLINKENBERG J.-M. (2000) *Précis de sémiotique générale*, Bruxelles, De Boeck Université, Coll. Points.

Cet article a été rédigé dans le cadre d'une thèse financée par une bourse de la Région Alsace.