

DES IMAGES ET DES SCIENCES

Anne Marie DROUIN

Les sciences, tant dans leur présentation vulgarisée que dans leur transmission entre pairs ou leur phase d'élaboration, utilisent largement des **images** (1). L'enseignement des sciences - comme la plupart des enseignements - fait appel à des schémas explicatifs, des diagrammes et courbes, qui **illustrent** les manuels ou que les élèves sont incités à **construire**.

Aborder le rôle des images dans les sciences n'exclut pas une approche de l'image pour elle-même. En effet, les règles du codage et du décodage, le rapport entre le conceptuel et le figuré, le pouvoir et les limites de la schématisation, la distance contrôlée entre le réel et son image photographiée, ou dessinée, tout cela existe et s'analyse, quel qu'en soit le "contenu". Il reste que pour les sciences, en train de se faire, ou exposant leurs résultats, les images jouent des rôles divers et importants, contradictoires parfois, mais nécessaires, et dont il serait bon de faire apparaître le rôle spécifique.

SITUER LES OPPOSITIONS

Pour cerner les fonctions et valeurs des images en sciences, il n'est pas inutile de mettre en évidence quelques oppositions ou distinctions, en essayant d'une part de définir ce qu'est une image en général, et d'autre part de considérer les diverses fonctions des images dans les sciences.

Définition d'une image

On rencontre souvent, de façon interchangeable et fluctuante, des termes comme "image", "schéma", "graphisme" dont le statut est mal défini.

J.F. Vézin fait remarquer que :

"le mot schéma est parfois utilisé dans des sens très différents : le même mot "schéma" désigne par exemple un tableau synthétique de notions (ne faisant pas appel à l'expression figurée) et une figure représentant l'anatomie ou le fonctionnement d'un système. Inversement les termes de figure, schéma, graphique sont parfois utilisés pour désigner un même moyen d'expression. Des règles de style voulant qu'un même mot ne fasse pas l'objet de

un vocabulaire
fluctuant

(1) L'emploi de ce terme sera justifié ci-après.

répétitions trop fréquentes dans un texte expliquent parfois cette diversité de termes". (2)

Afin de ne pas se perdre dans ces fluctuations, on se donnera pour règle conventionnelle de désigner sous le nom d'**image** l'ensemble des objets ayant pour point commun de s'opposer au "langage" ou au "texte". L'usage de ce terme d'**image** est d'ailleurs fréquent - parfois remplacé par celui d'**icône**, et est pris dans un sens très large, qui englobe tout ce qui n'est pas signe linguistique (ni symbole mathématique tel que +, =). De ce fait seront appelés "image" aussi bien une photo, qu'un dessin, un schéma, un diagramme, un tableau, une courbe etc...

Pour mieux cerner ce qu'est une image, on peut adopter deux points de vue différents selon que l'on prend comme "entrée" le point de vue sémiologique, ou le regard sur la matérialité du texte écrit : d'un point de vue sémiologique l'opposition se situe entre **image** et **langage** c'est-à-dire **signe non linguistique** et **signe linguistique** ; du point de vue de la matérialité du texte, l'opposition est celle de l'**illustration** et du **texte** proprement dit.

En fait les termes d'"image" et d'"illustration" ne désignent pas des objets différents, mais expriment des regards différents sur un même objet : par exemple s'interroger en termes d'image sur une photo, c'est considérer sa valeur signifiante par rapport à un message linguistique, et s'interroger en termes d'illustration, c'est considérer sa fonction dans le cours d'un texte.

Les images et les sciences

Si l'on considère les fonctions des images dans les sciences, elles donnent lieu ici encore à une double possibilité : dans un texte de vulgarisation ou dans un manuel, les images jouent souvent le rôle d'illustrations, ces illustrations ayant pour but d'expliquer, d'aider à la mémorisation, et d'"accrocher" le regard, éventuellement à travers un jeu sur l'esthétique ; par contre, s'il s'agit de la science en train de s'élaborer, l'image joue moins un rôle d'"illustration" que d'aide à la conceptualisation. Ainsi Daniel Jacobi remet en cause le terme d'**illustration** quand il s'agit des **inscriptions** présentes dans les communications entre chercheurs. En effet le terme d'"illustration" évoque "un élément accessoire, destiné à agrémenter un discours dont la force réside dans les mots", alors que les "inscriptions scientifiques" "jouent

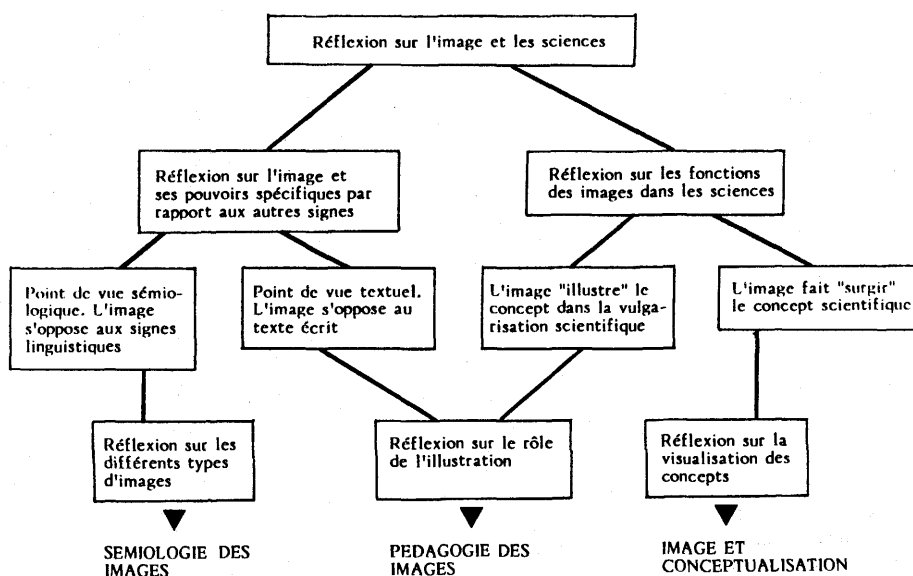
l'image peut être l'illustration d'un texte...

... mais son rôle n'est pas toujours accessoire

(2) Jean-François VEZIN. "L'apprentissage de schémas. Leur rôle dans l'assimilation des connaissances". **L'année psychologique**, 72e année, Fascicule 1, PUF, 1972, p. 179.

un rôle central de structuration et d'organisation de l'énoncé dont elles représentent le noyau dur". (3)
On trouvera des remarques similaires dans un article de Bruno Latour, publié dans le même numéro de la revue Culture technique.

En résumé, une réflexion sur images et sciences invite à un détour par une analyse des images en tant que telles, et à une analyse des diverses fonctions exercées par les images dans les démarches scientifiques. Autrement dit, la réflexion doit d'une part se centrer sur l'image, et d'autre part sur le discours scientifique. Un diagramme dichotomique permet de visualiser les différentes directions de réflexion et leurs points de rencontre.



les images croisent
trois types de
préoccupations :
la sémiologie
la pédagogie
l'épistémologie

Ce diagramme fait apparaître les trois domaines de réflexion qui seront abordés ici : la dimension sémiologique où les diverses images sont considérées comme des **signes**, la dimension pédagogique où elles sont vues comme **aide** ou **obstacle** à l'acquisition de connaissances, et une dimension épistémologique et philosophique où se pose le problème du rapport entre le **concept** et sa matérialisation dans l'image.

3) Daniel JACOBI. "La visualisation des concepts dans la vulgarisation scientifique", *Culture technique*, n° 14, "Les vues de l'esprit", CRTC, pp.153-163, 1985.

I. LES IMAGES COMME SIGNES

I.1. Confrontation des diverses images

En tant que signes les images désignent des objets réels dont elles traduisent certains aspects, d'une façon différente de celle opérée par le langage. Mais les diverses images n'utilisent pas les mêmes procédés et ne jouent pas les mêmes fonctions. Pour faire apparaître ces différences, l'un des fils directeurs de la réflexion - parmi d'autres possibles - pourra être le thème de l'abstraction dans les diverses images. Il semble en effet que, d'un type d'image à l'autre, on puisse déceler une certaine progression vers l'abstraction, à condition toutefois de s'entendre sur le sens que l'on donne à ce terme. Ce qu'on appelle abstraction est associé à deux idées au moins : d'une part l'idée de généralité pour laquelle est abstrait ce qui va au-delà d'un élément particulier, et qui peut désigner une classe d'objets (le cheval est une idée abstraite, Crin-Blanc est un cheval particulier et concret) ; d'autre part, l'étymologie (abs-trahere = tirer loin de) induit l'idée de séparation artificielle de certaines caractéristiques (le "blanc" est une idée abstraite, car dans la réalité "concrète", ce qui existe c'est ce cheval blanc, ou ce drap blanc...).

les images traduisent la réalité, mais traduire c'est interpréter

. Les degrés d'abstraction dans les images

Si l'on prend la généralité comme critère d'abstraction, on perçoit une progression vers l'abstraction quand on passe de la photo (photo "réaliste" sans instrument particulier pour agrandir ou réduire une partie de l'objet ni pour le voir en transparence) au dessin puis au schéma. Si l'on prend l'abstraction comme séparation de caractères, tri, réorganisation, on peut voir une progression identique de la photo au schéma puis du schéma au graphique et au tableau.

résultat d'un travail d'abstraction par généralisation ou séparation

Il faut remarquer cependant que l'action de trier et réorganiser a aussi inversement un pouvoir de concrétisation en visualisant ce qui n'est pas visible ou même ce qui n'est pas visuel.

De la photo au schéma en passant par le dessin il semble y avoir une certaine progression vers l'abstraction :

on peut lire les images selon le critère de l'abstraction croissante

- La **photo** représente (c'est-à-dire fait référence à, est l'image de) un objet particulier, réel. Cette image est la plus proche de l'observation qu'on aurait pu faire de cet objet, la plus fidèle à l'objet concret tel qu'il existe réellement, bien qu'elle soit en fait déjà une reconstruction du réel par le seul choix de l'angle de vue utilisé, du cadrage, de la luminosité. Elle n'est donc pas identique à l'observation réelle qui peut se dérouler dans le

la photo est déjà
une interprétation

temps et évoluer dans l'espace, en touchant d'autres sens que la vue... En tant que choix et "reconstruction" de la réalité la photo peut avoir vocation à la généralité quand elle sert de "type" dans un dictionnaire ou un ouvrage de détermination. C'est un individu d'une espèce qui est censé représenter l'ensemble de l'espèce. Il a donc fallu choisir correctement cet individu et le prendre sous un angle de vue tel que les caractéristiques essentielles soient bien visibles. Une telle démarche comporte nécessairement des limites et c'est par convention qu'on acceptera qu'un seul individu puisse être représentatif de l'espèce.

le dessin "ressemble"
encore à l'objet, mais
trie et réorganise

- Le **dessin** est plus général et plus proche du concept que la photo, même s'il reste fidèle à la réalité, dans la mesure où, encore plus que la photo, il est le résultat d'un choix parmi les éléments jugés significatifs, il est une simplification et une mise en évidence de ce qui est essentiel. Pour prendre l'exemple de la détermination d'une fleur, la volonté de généralité atteint mieux son but à travers un dessin, puisque le dessin n'est plus l'image d'un seul individu pris comme type, mais une véritable construction issue à la fois d'une épuration des détails individuels et d'une synthèse de plusieurs individus, si bien que le dessin qui apparaît dans une flore est peut-être le dessin d'une fleur qui n'a jamais existé mais qui a une "réalité conceptuelle".

le schéma ne garde
que la structure

- Le **schéma** est un pas de plus vers l'abstraction dans la mesure où ce qui était déjà signalé dans le dessin (épuration, synthèse, choix, reconstruction) est ici systématiquement développé sans être entravé par le souci d'une ressemblance avec la vision réelle que l'on pourrait avoir d'un objet. Pour être plus général et mieux mettre en évidence les caractéristiques essentielles d'une classe d'objets, le schéma se présente plus comme la mise en évidence d'une structure et ne cherche plus - ou presque plus - à coller avec la réalité telle qu'on la voit. Le schéma est, si l'on reprend les termes de J.F. Vézin, "la représentation figurée d'une connaissance, utilisant formes et dimensions pour ne reproduire que les caractéristiques valables pour toute une catégorie d'objets" (4). Ceci ne veut pas dire, il faut le préciser, que tous les schémas ont vocation à la généralité : on pourra trouver sous le terme de schéma la présentation d'un objet ou d'un dispositif particulier et unique, la notion d'abstraction perdant ici son sens de "généralité", mais conser-

(4) Jean-François VEZIN, "L'apprentissage de schémas. Leur rôle dans l'assimilation des connaissances", **L'année psychologique**, 72e année, Fascicule 1, PUF P.180, 1972.

LE TRAITEMENT DES EAUX.

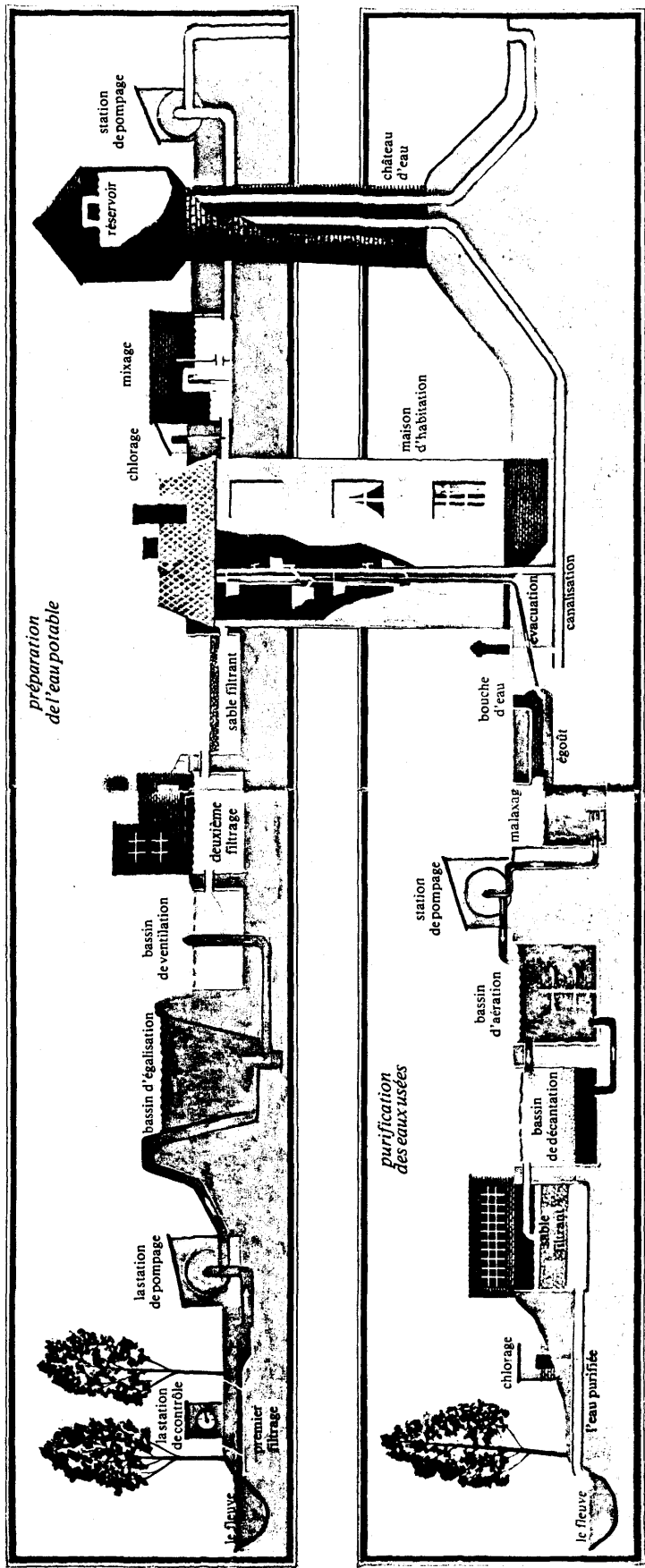
D'où vient l'eau du robinet ? L'eau ordinaire issue des sources, des fleuves ou des lacs est traitée dans une usine spéciale. Pour être transformée en eau potable, l'eau ordinaire doit tout d'abord subir une épuration. Celle-ci élimine les dépôts et les impuretés. L'eau est aérée et filtrée afin d'être purifiée. Lorsque l'eau ordinaire est de mau-

vaie qualité, on y ajoute du chlore en vue d'éliminer les germes. Une fois purifiée, l'eau est acheminée dans les châteaux d'eau d'où elle finit par parvenir, grâce à tout un système de canalisations souterraines, au robinet de l'appartement. L'industrie consomme également de grandes quantités d'eau (eaux industrielles).

LA STATION D'ÉPURATION.

Au Moyen-Âge, on se contentait de vider les eaux de vaisselle par la fenêtre ou de les laisser ruisseler le long de la rue. De nos jours, les eaux usées sont évacuées hors de la ville par le système souterrain du tout à l'égoût. La plus grande partie des eaux usées provient de l'industrie. Elles sont purifiées dans des installations

dites stations d'épuration. L'eau ne parvient au lit de la rivière qu'après avoir été préalablement débarrassée par un système de tamis, de bassins de décantation, de mesurage de ses éléments nocifs. L'eau est un bien précieux. L'homme doit contribuer à ce que les rivières restent propres et à ce que leur beauté réjouisse nos yeux.



Rainer SACHS. La rivière en activité. Ed. du Sorbier. 1982.

fig. 1

vant celui de "séparation", "tri", "réorganisation". En effet le schéma a une valeur synoptique par le fait que les éléments essentiels sont visibles d'un seul coup, et ne sont pas forcément présentés tels qu'on les voit dans la réalité.

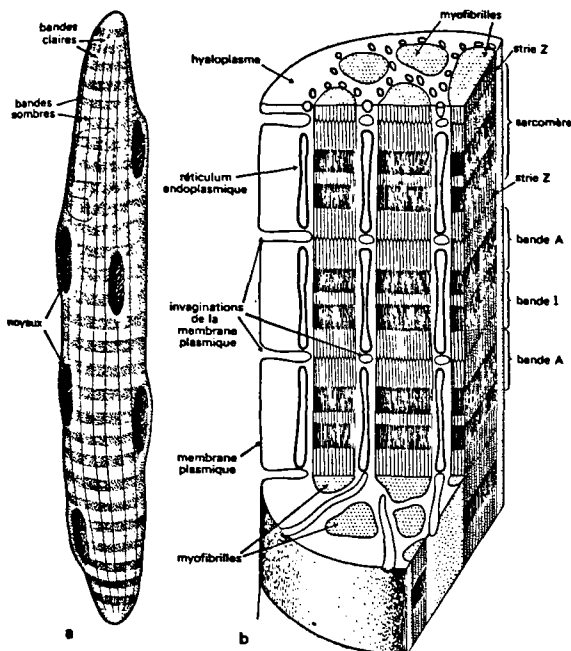
Déjà Littré insistait sur cet aspect dans sa définition de "schéma" :

"... En anatomie et en physiologie, nom donné aux figures qui, à l'effet de démontrer la disposition générale d'un appareil, ou la succession des états d'un être ou d'un organe, sont exécutées en faisant abstraction de certaines particularités de forme, de volume, de direction, ou de rapports des parties, parce que ces particularités empêcheraient de saisir d'un seul coup d'oeil, ou rapidement, l'ensemble des notions qu'il s'agit de faire connaître..."

L'espace peut être réorganisé de telle sorte que ce qui ne serait visible que par un déplacement, le devient par un seul coup d'oeil, grâce à des procédés divers, dont certains sont aussi utilisés dans les dessins. Parmi ces procédés on peut citer les changements d'échelle (fig 1), les coupes (voir "le traitement des eaux", fig 1), les effets de loupe (voir "le muscle strié", fig 2), et enfin la décomposition spatiale (par exemple dans le diagramme d'une fleur).

le schéma a une valeur synoptique

le schéma fait voir le réel non pas tel qu'on le voit, mais tel qu'on le sait être



Organisation générale de la cellule musculaire striée.

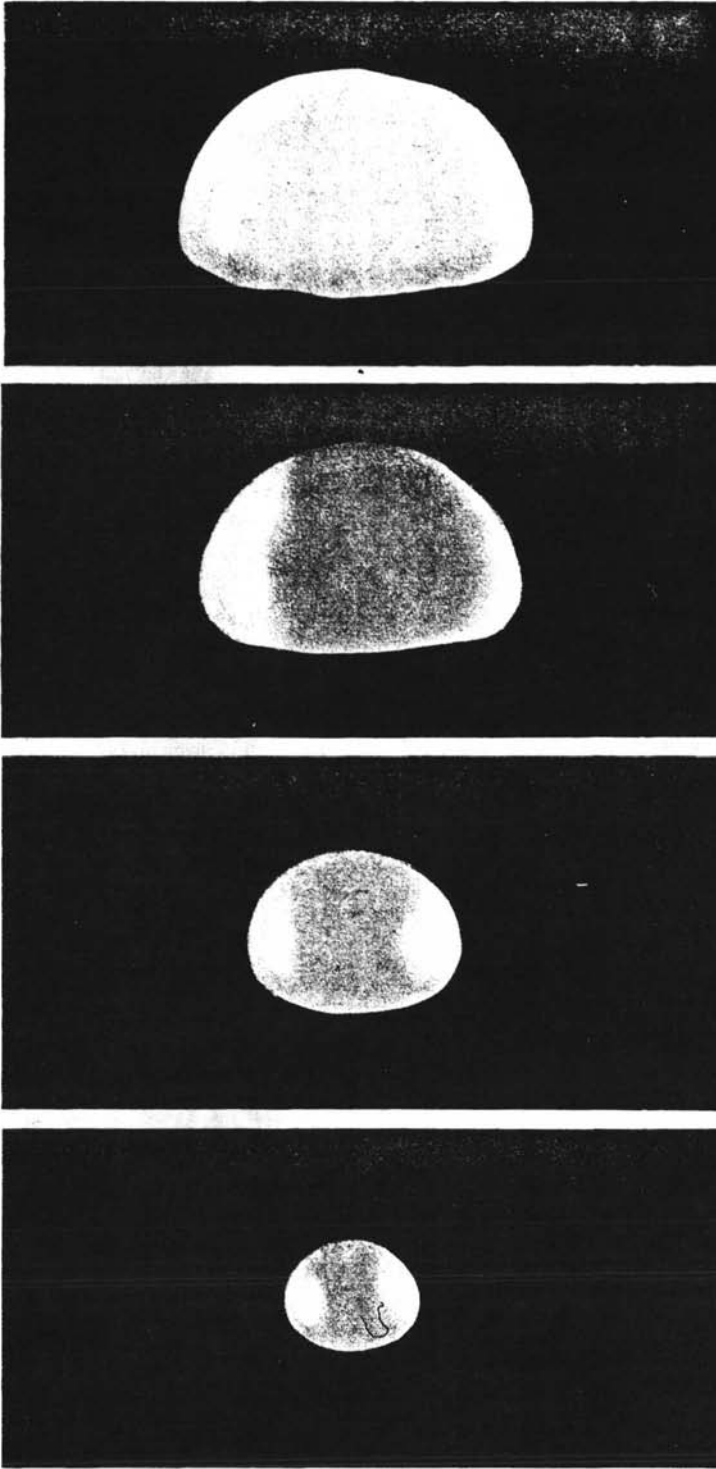
(extrait de BERKALOFF et al. Biologie et physiologie cellulaires. Paris : Hermann. 1967)

fig. 2

fig. 3

8

(extrait de Les phénomènes naturels. Bibliothèque Pour la Science. Paris : Belin. 1978)



1. CES GOUTTES D'EAU en train de tomber furent photographiées par Choji Magono, de l'Université de Yokohama. Le volume de la goutte du haut équivaut à celui d'une sphère de 6,5 millimètres de diamètre; sa vitesse est de 8,9 mètres par seconde. Pour les autres gouttes, les mesures sont les suivantes (diamètre et vitesse) : deuxième goutte, 6 millimètres et 8,8 mètres par seconde; troisième goutte, 4,8 millimètres et 8,3 mètres par seconde; enfin, quatrième goutte, 2,8 millimètres et 6,8 mètres par seconde.

D'autre part le temps peut être décomposé pour montrer les étapes d'un phénomène qui ne serait pas visible en temps réel. Ici d'ailleurs les vertus du schéma peuvent être concurrencées par les possibilités de la photo (voir "les gouttes d'eau en train de tomber", fig 3), ou du cinéma avec le ralenti ou l'accélééré (voir notamment les effets utilisés par J.M. Pelt dans ses films).

Le **graphique** est un pas de plus vers l'abstraction dans la mesure où les éléments ne sont plus représentés en eux-mêmes, mais par les variables qui les constituent et qui n'apparaissent même pas elles-mêmes, mais uniquement sous forme de "grandeurs" ou "quantités", lisibles sous forme de "parts" dans un cercle, d'histogrammes ou de courbes. On peut remarquer au passage que les courbes peuvent être soit une pure construction de l'esprit, soit la traduction directe d'un phénomène par l'intermédiaire d'un appareillage particulier comme l'électrocardiogramme, ou simplement la trace de la chute d'un corps, sur une machine de Morin...

le graphique ou le tableau ne font plus voir les phénomènes mais leurs variations

Le **tableau** n'a plus rien à voir dans son apparence avec la réalité visible du phénomène, mais est la disposition sous forme synoptique et visuelle, de résultats ou de données. Le tableau à double entrée par exemple peut convenir à des quantités de phénomènes appartenant à des domaines extrêmement divers.

Mais on voit bien ici que tout en étant le résultat d'une démarche d'abstraction, ces diverses images ont pour fonction de permettre une visualisation des objets ou phénomènes étudiés. Il y a donc aussi, à des degrés divers, un pouvoir de concrétisation des images.

. Le pouvoir de concrétisation

Par la simple disposition des données ou des résultats, le **tableau** "fait apparaître" au sens fort du terme, une réalité qu'on n'aurait pas perçue autrement : une case vide par exemple signale la non-occurrence ou l'inexistence d'un phénomène. Les **diagrammes** et autres procédés de spatialisation des concepts permettent de hiérarchiser, classer, ordonner, sérier des phénomènes, ou de mettre en évidence les relations qu'entretiennent entre eux des concepts, ou encore de visualiser les rapports existant entre les divers éléments d'un système. (5) Les **graphi-**

faire apparaître une réalité

(5) On peut citer ici les "tétraèdres" construits pour figurer la complexité des concepts d'écosystème et d'énergie, dans le Rapport de recherche sur **Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales**, Equipe Aster, Paris, INRP, décembre 1985.

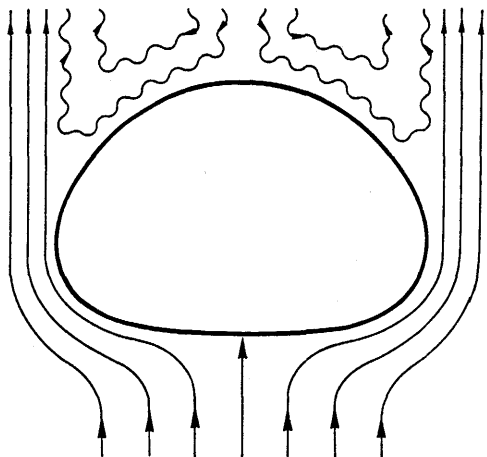
ques aussi ont ce pouvoir de "présentifier" une réalité difficile à cerner. Une courbe par exemple a une quasi-autonomie avec son sommet, ou sa pente, qui visualisent une réalité. Un traitement statistique fait apparaître des "nuages de points" qui sont comme les révélateurs de la répartition d'un phénomène ... On peut signaler que les graphiques sur papier sont maintenant en quelque sorte concurrencés par le traitement informatique des données qui permet d'avoir sous les yeux des graphiques mobiles où la variation des phénomènes se traduit par le déplacement de points lumineux sur l'écran.

visualiser ce qui n'est pas visuel

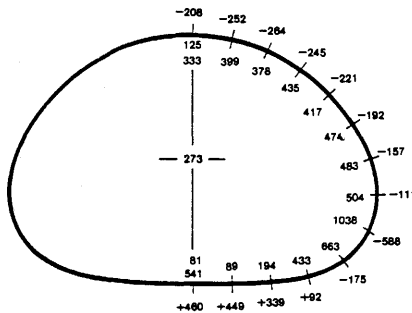
Dans les schémas toute liberté est donnée pour visualiser ce qui n'est pas visuel, soit parce qu'il s'agit de rapports abstraits (les relations entre des concepts sont figurées par des flèches ou des cercles concentriques ou entrecroisés), soit parce qu'il s'agit d'éléments non visibles en eux-mêmes mais visibles seulement par leurs effets (les flèches servent ici à figurer les jeux de forces, les conventions jouant alors sur l'épaisseur, la longueur, la direction de ces flèches : voir notamment dans la (fig 4), le schéma de la goutte d'eau et les jeux de forces qui expliquent sa forme).

Cette volonté de "montrer" ce qui n'est pas visible peut parfois aboutir à des excès : par exemple, si l'on veut expliquer la différence de potentiel par une analogie avec la chute d'eau, le dessin peut donner une trop grande "réalité" à cette analogie. Le fait de représenter

fig. 4



3. LE FLUX qui entoure une grosse goutte de pluie en train de tomber est matérialisé dans ce diagramme par des traits de couleur. Les lignes de courant dans la couche limite suivent la courbure de la goutte jusqu'au point de décollement. Au-dessus de la goutte, la couche limite décollée entourne une zone de turbulence. La plus faible pression dans cette zone explique la forme de la goutte.



4. LA RÉPARTITION DES PRESSIONS est indiquée ici pour une goutte de 6 millimètres tombant à une vitesse de 8 mètres par seconde. Les nombres situés à l'extérieur de la goutte indiquent la différence entre la pression de l'air autour de la goutte et la pression atmosphérique normale. A l'intérieur de la goutte, les nombres en couleur indiquent la tension superficielle et les nombres en noir la pression interne. L'unité est le dyne par centimètre carré.

côte à côte la chute d'eau et la pile électrique, le pôle positif orienté vers le haut, peut induire à assimiler purement et simplement la différence de potentiel à une différence de niveau, le pôle positif d'une pile à la partie haute d'une chute d'eau, et le pôle négatif à la partie basse (fig 5).

Le va et vient entre l'abstraction et la concrétisation, le passage du visuel au conceptuel ou du conceptuel au visuel, pose le problème du pouvoir et des limites des images par rapport au langage.

1.2. Confrontation des images et du langage

On peut se demander s'il n'y a pas une contradiction à vouloir traduire ce qui est abstrait, conceptuel, par une image... C'est pourtant bien un besoin de clarification qui est en général à l'origine de la démarche de schématisation ou de représentation imagée. Il faudra peut-être admettre que les traductions ainsi obtenues ne peuvent être que des approximations, ou des supports pour la pensée, mais non des transcriptions "exactes", ni des équivalents du concept.

Au sens strict du terme, une image ne peut traduire un concept. Il y a en effet une hétérogénéité de l'image et du concept, déjà soulignée par Jean-Jacques Rousseau qui affirme qu'aucun dessin d'arbre ne peut traduire le concept d'arbre, ni aucune image mentale en rendre compte de façon satisfaisante :

"Essayez de vous tracer l'image d'un arbre en général, jamais vous n'en viendrez à bout ; malgré vous il faudra le voir petit ou grand, rare ou touffu, clair ou foncé ; et s'il dépendait de vous de n'y voir que ce qui se trouve en tout arbre, cette image ne ressemblerait plus à un arbre".

Quant aux "êtres purement abstraits", ils "ne se conçoivent que par le discours. La définition seule du triangle vous en donne la véritable idée : sitôt que vous en figurez un dans votre esprit, c'est un tel triangle et non pas un autre, et vous ne pouvez éviter d'en rendre les lignes sensibles ou le plan coloré". (6)

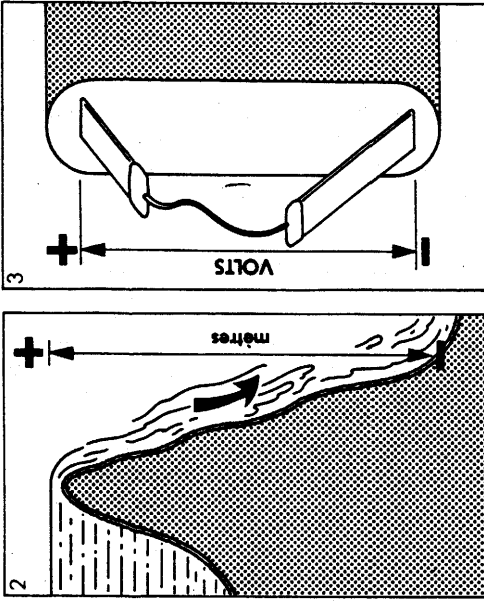
Ainsi le triangle dessiné n'est jamais une image exacte, et n'est quelconque que par convention.

Outre cette hétérogénéité entre l'image et le concept, il en existe une entre l'image et certains types d'énoncés, comme le fait remarquer François Bresson : certains

y a-t-il une hétérogénéité de l'image et du concept ?

(6) Jean-Jacques ROUSSEAU, *Discours sur l'origine de l'inégalité parmi les hommes*. "Les classiques du peuples", Editions sociales, p. 90.

Si on relie par une petite tronçonnée, ou une conduite quelconque, le point de plus haut niveau du barrage avec le point de moins haut niveau, à ce moment-là apparaît un courant d'eau (fig. 2). De même, si on relie le pôle positif de la pile avec le pôle négatif par un fil conducteur (fer, cuivre, aluminium), apparaît un courant électrique (fig. 3).



Le courant d'un ruisseau, d'un torrent, d'une cascade, se mesure : on l'exprime en mètres cubes par seconde, ou encore en litres par seconde s'il est faible (le débit, c'est la valeur du courant). Le courant électrique s'exprime en AMPERES (on parle le plus souvent d'intensité).

CONNAISSANCE DE LA LAMPE

Regardons attentivement une des deux petites lampes qui se trouvent dans le coffret (fig. 4, page suivante). Que voyons-nous ? Tout d'abord une ampoule de verre. A l'intérieur, un minuscule petit fil se trouve tendu entre deux autres fils plus gros qui lui servent de support. Le petit fil s'appelle filament. Lorsqu'un courant électrique passe dans le filament, ce dernier devient incandescent, c'est-à-dire très très chaud. A ce moment il diffuse de la lumière. Les fils qui supportent le filament sont reliés l'un au culot de laiton de la lampe, l'autre à la petite pastille d'étain qui se trouve au fond.

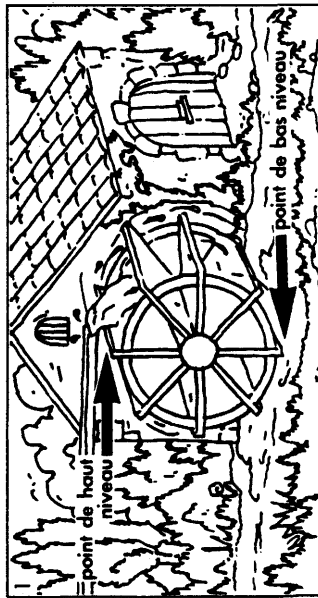
LA PILE

Il n'y a pas si longtemps, pour moudre leur grain, les meuniers n'avaient que des moulins à vent ou des moulins à eau. Maître Cornille, lorsqu'il voulait moudre son grain, devait attendre qu'il fin du vent. Ludovic Kermaec possédait un moulin à eau en Bretagne. Un astucieux barrage et un bief détourné d'un ruisseau dans un petit étang. Lorsque la réserve ainsi constituée était remplie, le moulin pouvait tourner sans arrêt pendant plus de deux jours. Ludovic avait à sa disposition une réserve d'énergie. Une pile, c'est une petite réserve d'énergie. Puisqu'elle peut délivrer un courant électrique, on peut dire que c'est une réserve d'énergie électrique, tout comme l'étang de Ludovic était une réserve d'énergie hydraulique.

CONNAISSANCE DE LA PILE

Examinons à nouveau le moulin de Ludovic (fig. 1). Pour faire tourner la roue de son moulin, Ludovic devait s'arranger pour avoir

- un point d'eau relativement haut (à peu près le niveau le plus élevé de l'étang).
- un point bas, c'était le niveau du ruisseau d'évacuation de l'eau.



Evidemment, une telle différence de niveau s'exprime en mètres. Il en est un peu de même pour une pile, ou toute autre source d'énergie électrique. Une pile devra avoir deux points caractéristiques, que l'on appelle les **pôles**. Le **pôle positif**, c'est le point de plus haut niveau électrique (c'est l'homologue du point de niveau haut de l'étang). Le **pôle négatif**, c'est le point de moins haut niveau électrique (l'homologue du niveau du ruisseau d'évacuation). La différence de niveau électrique s'appelle différence de potentiel, on l'exprime en VOLTS.

éléments du langage sont intraduisibles en images, comme les quantificateurs ("quelques", "un peu", "beaucoup", "plusieurs" etc.), ou la négation... (7)

L'impossibilité de figurer donne parfois lieu à des ruses amusantes : Jacobi donne l'exemple d'une illustration où pour faire comprendre les différences héréditaires entre différentes souches d'abeilles, on a représenté, sous la photo agrandie d'une "vraie" abeille, des dessins d'abeilles-bonshommes. L'une d'elles, se prélassant bien calée contre un coussin, illustre le fragment d'énoncé suivant : "certaines souches d'abeilles n'ont aucun comportement de nettoyage" ; et Jacobi commente : "on retrouve ici la difficulté (bien connue) à représenter, en images, une négation : le bonhomme dessiné n'a pas un comportement de non-nettoyage, mais tout simplement une autre activité (sieste, lecture ? ...)". (8)

Ainsi lorsqu'une image traduit un énoncé ou une idée, il faut s'être entendu sur l'ensemble des conventions nécessaires pour une interprétation correcte. En fait les opérations intellectuelles mises en jeu dans la verbalisation et dans la construction ou la lecture d'une image ne sont pas du même ordre et la coordination entre les deux types d'opérations ne va pas de soi.

verbalisation et
lecture d'image :
des opérations
intellectuelles
différentes

Cette coordination nécessite un apprentissage (qui peut être d'ailleurs le fruit de l'habitude), et Vezin fait remarquer que l'apprentissage d'un schéma n'entraîne pas automatiquement la capacité de verbalisation de la connaissance correspondante, et inversement une connaissance n'entraîne pas automatiquement la capacité de construction du schéma correspondant.

Pour montrer ce type de difficultés, Jacobi fait intervenir la notion de "traduction intersémiotique" de Jakobson

(7) François Bresson. "Réflexions sur les systèmes de représentation" **Média**. 1973-74. oct-nov 1975.

(8) Daniel Jacobi. "La visualisation des concepts dans la vulgarisation scientifique". **Culture technique**. 1985. n°14. "Les vues de l'esprit". CRTC. pp. 153-163.

Voir aussi : Daniel Jacobi. "Références iconiques et modèles analogiques dans des discours de vulgarisation scientifiques", **Information sur les Sciences Sociales**. SAGE. Londres, Beverly Hills et New Delhi. 24. 4. 1985. pp. 847-867.

Voir aussi : Daniel Jacobi. "Place et statut de l'image dans le discours de vulgarisation scientifique". **Image et science**. Catalogue d'exposition, Centre G. Pompidou, 1984.

existe-t-il une traduction intersémiotique satisfaisante ?

ou doit-on considérer les divers systèmes de signes comme complémentaires ?

le schéma est le résultat d'une tension

définie comme l'interprétation des signes linguistiques au moyen de systèmes de signes non linguistiques". (9) Comme dans toute traduction, il y a une distance (pour ne pas dire une "trahison") entre le message initial et le message d'arrivée. Mais, dit Jakobson, "toute expérience cognitive peut être rendue et classée dans n'importe quelle langue existante", parce que "là où il y a des déficiences, la terminologie sera modifiée et amplifiée par des emprunts, des calques, des néologismes, des déplacements sémantiques, et, finalement par des circonlocutions" (10). On peut se demander si on peut élargir cette loi à la traduction intersémiotique, à condition de définir correctement les équivalences conventionnelles. Autrement dit, traduire une idée en image suppose que l'on vise à la "reformuler dans un autre code, plus universel" comme le dit Jacobi. Mais la difficulté est de constituer "deux messages équivalents dans deux codes différents". (11) Or il faut peut-être admettre que les deux messages ne sont pas absolument équivalents, mais plutôt complémentaires, répondant à des besoins d'information différents. Si bien qu'en effet la lisibilité d'une image sera peut-être plus rapide et plus universelle que celle d'un message linguistique, à condition de détenir les clés de l'interprétation de l'image en question.

. Le schéma : un compromis répondant à des objectifs antagonistes

Si l'on prend le cas particulier du schéma, on peut y voir l'expression de cette contradiction, ou tout au moins cette tension entre la vocation à l'abstraction et les particularités de l'image. Si on accepte la définition de Vézin pour qui le schéma est "une expression figurative qui peut être lue indépendamment des énoncés verbaux qui l'accompagnent" (par opposition au "résumé-schéma" qui n'est pas autonome - mais la limite est sans doute difficile à tracer...), le schéma a bien vocation à généralité mais s'exprime nécessairement par des traits véhiculant des éléments particuliers et non pertinents par rapport à la connaissance à transmettre. Ces éléments sont toutefois pertinents par rapport à la reconnaissance de l'objet, et nécessaires à la lisibilité du schéma. Mais ils peuvent aussi devenir un obstacle à cette lisibilité en créant un effet de dispersion où l'essentiel et le général

(9) Roman JAKOBSON. *Essai de linguistique générale*. Paris. Ed. de Minuit. 1981. p. 79. (1^{re} éd. 1963).

(10) R. JAKOBSON. *ibid.* p. 81-82.

(11) R. JAKOBSON. *ibid.* p. 80.

l'esthétique des images
est-elle aide ou
obstacle à leur
compréhension ?

l'image scientifique
porte, elle aussi, la
marque d'un "style"

sont masqués par les détails. On pourrait ajouter le problème posé par la conciliation entre la volonté de clarté, et la recherche esthétique : il est difficile de déceler si ces deux finalités sont antagonistes, ou si au contraire, la simplicité et la clarté sont en elles-mêmes sources de beauté. Quoi qu'il en soit, on ne peut passer sous silence le fait que, malgré sa vocation à l'universalité et à l'objectivité, l'image scientifique exprime un "style", "c'est-à-dire un ensemble de marques formelles, qui individualisent le travail". Et ainsi, par son esthétique, l'image scientifique "renvoie à une vision du monde qui rattache le savoir scientifique aux grands courants d'idées et de sensibilité de son époque". (12)

On peut d'ailleurs attirer l'attention du lecteur et capter son attention par l'humour en adoptant, comme dans La Hulotte, un mélange de dessins réalistes et de dessins de style B.D. dont les niveaux d'interprétation sont implicitement différents.

2. LES IMAGES, AIDE OU OBSTACLE

2.1. Les illustrations comme aide

La présence d'images dans les manuels de pédagogie ou les articles de vulgarisation repose sur l'idée que l'illustration est à la fois une source de motivation ou de plaisir et une aide à la compréhension.

Ainsi, Tardy assigne quatre fonctions à l'image : motiver, illustrer, induire l'imagination et le rêve, fonctionner comme un médiateur intersémiotique. (13)

On peut ajouter que l'image a une fonction cognitive et de mémorisation grâce à son pouvoir structurant, notamment lorsqu'il s'agit d'un schéma. Ainsi, à propos du rôle de la schématisation dans la mémorisation d'un texte, J.F. et L. Vézin s'interrogent sur les fonctions cognitives du schéma et deux d'entre elles leur apparaissent importantes à souligner : d'une part "le schéma général appris peut servir d'indice de récupération de l'ensemble du texte" puisque le schéma "est constitué par une interrelation entre plusieurs énoncés clés" et que

les fonctions de l'image
comme aide
didactique :

(12) Gérard VIGNER. "Voir et savoir, Regards sur l'image scientifique". **Le Français dans le monde**. n° 202. juillet 1986.

(13) Michel TARDY. "La fonction sémantique des images". **E.L.A.** 17. 1975 (29-43). (Cité par JACOBI dans "Les vues de l'esprit...". **Culture technique** n° 14. CRTC. 1985).

motivation

illustration

médiation

support à l'imagination

mémorisation

l'on peut alors évaluer le "vide" créé par l'élément "oublié" ; d'autre part, le schéma général appris a un statut d'"ancrage" "pour le traitement de connaissances qui feront l'objet d'apprentissages ultérieurs", constituant ainsi de véritables "structures d'accueil". (14)

Dans un autre texte, L. Vézin résume les fonctions de l'illustration à trois principales :

1) la fonction "motivationnelle" qui fait de l'image un substitut du texte pour les "mauvais lecteurs". Ceux-ci pourront en effet y puiser l'information qu'ils ne sont pas capables de traiter par la simple lecture.

2) la fonction "explicative", qui comprend un élément "descriptif" (l'image "montre" un objet), et un élément "expressif" (elle peut produire un effet plus sensible).

3) une fonction d'aide à la mémorisation. (15)

Pour Jacobi le schéma a une double fonction, "descriptive d'abord : il est une représentation réaliste plus ou moins simplifiée ; explicative ensuite : par l'équilibre entre sa valeur de généralité ou de concrétude il fait comprendre et aide à mémoriser. Il traite l'information, il focalise l'attention, il simplifie et construit une vision opératoire". (16)

2.2. Les écueils des illustrations

Il convient cependant de noter que ces aides ne sont pas sans ambiguïté. Ainsi, dans le même article Liliane Vézin signale qu'un danger des illustrations consiste à voir l'attention se disperser par rapport à la communication centrale du texte, puisque, par son caractère concret, l'image contient des éléments non pertinents par rapport à l'information à acquérir. Le but de l'illustration est d'être complémentaire par rapport au texte. Mais encore faut-il être conscient de cette complémentarité. Or elle n'est pas toujours perçue d'emblée. J.F. Vézin a étudié,

mais l'attention peut se disperser sur les détails de l'image

(14) Jean-François et Liliane VEZIN. "Compréhension de texte et intégration cognitive. **Bulletin de psychologie**. Tome XXXV. n° 356. pp. 652-653.

(15) Liliane VEZIN. "Les illustrations et leur rôle dans l'apprentissage des textes". **Enfance**. N°1. 1986. pp. 109-126.

(16) Daniel JACOBI. "Références iconiques et modèles analogiques dans des discours de vulgarisation scientifique". **Information sur les Sciences Sociales**. SAGE. Londres, Beverley Hills et New Delhi. 24.4.1985. pp. 847-867.

la complémentarité de l'image et du texte n'est pas toujours perçue d'emblée

sur 92 élèves de quatrième d'un collège d'enseignement secondaire parisien, la possibilité de mise en correspondance entre schémas et énoncés clefs. Il apparaît que : *"l'activité de mise en correspondance de schémas et de textes, lorsqu'elle concerne un texte à structure complexe comportant des énoncés ayant un parallélisme sémantique (tels que les énoncés clefs et leurs exemples), et des schémas exprimant parallèlement une même donnée dans des perspectives différentes (tels que des schémas d'ensemble et des coupes) s'oriente plutôt vers un choix entre énoncés et entre schémas, que vers l'utilisation de leur parallélisme"*.

Mais si la mise en correspondance entre énoncés clefs et schémas d'ensemble est réduite lorsqu'on introduit des formulations parallèles verbales (sous forme d'exemples) ou non verbales (sous forme de coupes), cela ne signifie pas qu'il vaut mieux supprimer ces compléments d'information : en effet, s'ils n'incitent pas à faire les bonnes correspondances, ils incitent à ne pas faire les mauvaises et il est sans doute plus positif, devant ces résultats, de *"rechercher comment inciter l'élève à maîtriser cette complémentarité des expressions parallèles"*. (17)

Outre cette nécessité d'apprendre à mettre en parallèle un texte écrit et une image, à en comprendre la complémentarité, les images en elles-mêmes comportent des limites qui sont à l'origine des conventions graphiques destinées à les compenser.

2.3. Des ambiguïtés issues du principe-même de la schématisation

La difficulté de lecture des schémas peut tenir simplement au principe-même de la schématisation, qui, selon l'expression de J.F. Vézin, est le résultat d'un compromis entre l'abstraction et la concrétisation, et entre éléments pertinents et non pertinents. Le schéma certes *"a une valeur de généralité, une valeur synoptique, et une valeur d'objectivation (...)* Mais cette valeur d'objectivation présente des limites qui sont celles de l'objet, en particulier le fait qu'un objet soit observé d'un point de vue qui met en valeur certaines caractéristiques plus que d'autres. Des procédés graphiques permettent de compenser partiellement ces limites. Mais dans certains cas, l'utilisation de deux ou plusieurs schémas apparaît nécessaire, l'apport de chacun étant complémentaire de

le schéma traduit un point de vue particulier

(17) Jean-François VEZIN. "Apport informationnel des schémas et des énoncés, et activité de mise en correspondance". *Enfance*. n° 5. 1982. pp. 356-357.

plusieurs schémas
doivent parfois être
utilisés pour se
compléter

plusieurs conventions
graphiques peuvent se
côtoyer

limiter les risques
d'interprétation
erronée ...

...en mettant en valeur
les éléments
importants

celui des autres". (18)

C'est pourquoi la lisibilité des images nécessite souvent la complémentarité (mais celle-ci devrait être explicitée) des divers procédés de transcription et des niveaux d'abstraction : par exemple on peut représenter des chaînes ou des réseaux alimentaires à l'aide de diagrammes où les noms des espèces sont reliés par des flèches dont la signification serait à préciser (en général la flèche signifie "est mangé par", mais lorsque la flèche relie un super-prédateur à des décomposeurs, il y a une certaine ambiguïté). On peut aussi représenter ces chaînes ou ces réseaux par un mélange de diagrammes et de dessins réalistes, où la convention selon laquelle l'individu "représente" une espèce est trop souvent implicite.

Le principe d'un mélange entre dessin réaliste et diagramme est fréquemment utilisé. On en trouve un exemple dans un manuel d'éducation physique (voir fig. 6) avec une convention supplémentaire non explicitée : la lecture chronologique des mouvements doit se faire de gauche à droite comme dans le sens de l'écriture...

On peut aussi adopter le procédé fréquent dans l'Encyclopédie de Diderot, consistant à faire se côtoyer des dessins réalistes en perspective et des coupes, des transparences, des grossissements, qui forment un ensemble où les éléments sont complémentaires et constituent un sens différent du sens de chaque élément pris en particulier, comme le fait remarquer F. Bresson (19).

2.4. Des codes à ne pas laisser implicites

De façon générale, tant pour la clarté d'un schéma en train de se faire, que pour la lisibilité d'un schéma à transmettre, l'explicitation des codes par des "légendes" paraît nécessaire. Les risques d'interprétation erronée sont multiples.

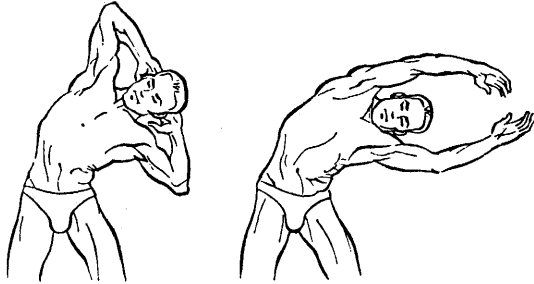
1) Les éléments non pertinents peuvent l'emporter sur les éléments pertinents. Pour prendre un exemple déjà cité, celui de l'épuration des eaux (fig. 1), on peut concevoir que les aspects du paysage (arbres, maisons) peuvent attirer le regard et gêner la vision globale du circuit des canalisations.

2) Il faut noter aussi les "effets de contexte" : des proximités fortuites entre certains éléments du schéma

(18) J.F. VEZIN. *ibid.* p. 352.

(19) François BRESSON. "Réflexions sur les systèmes de représentation". *Média*. 73-74. octobre-novembre 1975.

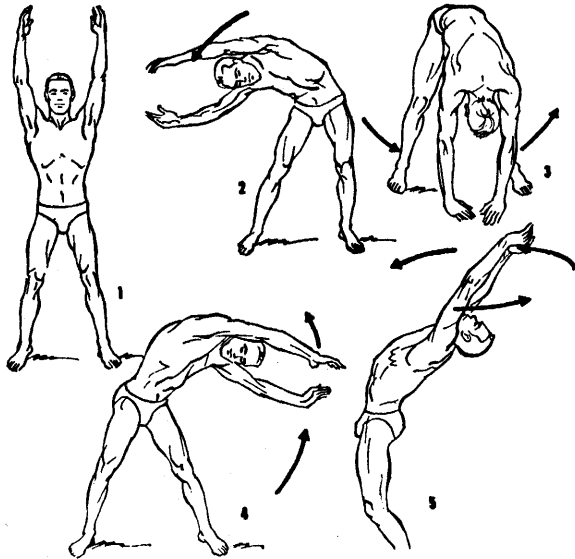
fig. 6



- 2^o temps : Revenez à la position de départ.
- 3^o temps : Fléchissez à gauche.
- Rythme : 20 flexions à gauche et 20 à droite entre 35 et 50 secondes.
- Conseil-clé : L'exercice perd de son efficacité si le tronc se penche en avant pendant les flexions latérales.

3^o EXERCICE

- Mouvement : Circumduction en cône du tronc.
- Position de départ : Station debout, jambes écartées, bras levés verticalement au-dessus de la tête.
- 1^o temps : Fléchissez sur le côté le tronc comme dans l'exercice précédent.



La circumduction en cône du tronc ; décomposition du mouvement.

... en évitant les effets de contexte

peuvent induire des lectures erronées. Dans le schéma sur l'épuration des eaux, il faut comprendre que la maison est au premier plan avec un effet de perspective, et que le sable filtrant ne communique pas avec elle.

... en explicitant les codes

3) Un schéma peut être investi de plusieurs codes entrecroisés induisant des trajets de lecture différents. Pour continuer avec le même exemple, plusieurs lectures peuvent être à l'oeuvre devant une telle figure : une lecture de gauche à droite (de type textuel, exprimant la chronologie), une lecture cyclique, calquée sur le cycle de l'eau, une lecture verticale évoquant l'écoulement de l'eau par gravité (20).

En fait, nombre de manuels scolaires font l'économie d'une explicitation des symbolismes, ce qui en rend la lecture difficile pour les enfants comme l'a montré l'analyse de Y. Ginsburger, J. Toussaint et J.L. Trellu (21). Par exemple, lorsque dans la figuration d'un cycle, les superprédateurs sont les seuls à être reliés aux décomposeurs, cela n'induit-il pas l'idée qu'ils sont les seuls à pouvoir être "décomposés" ?

Le manque de précision vient sans doute souvent d'un oubli de la fonction du schéma et d'une répétition de structures vides :

"Les images de la chaîne et les schémas sagittaux importent avec eux, au coeur de la notion biologique, certains aspects décalés par rapport à la stricte nécessité du codage. Et de ce fait il apparaît que l'usage de tels codes dans les documents scientifiques est plus souvent "ritualisé" que fonctionnel". (22)

... en ne transformant pas le schéma en structure vide

4) Enfin il convient de ne pas chercher à "tout" dire dans un schéma et de délimiter les objectifs.

(20) On trouvera une analyse détaillée de ce schéma dans : Jean-Pierre ASTOLFI, Yvette GINSBURGER-VOGEL, Brigitte PETERFALVI. "Aspects de la schématisation en didactique des sciences". **Bulletin de Psychologie**. à paraître.

(21) Yvette GINSBURGER-VOGEL, Jacques TOUSSAINT, Jean-Louis TRELLE. "Analyse d'ouvrages scolaires et de vulgarisation". **Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifiques, Actes des Sixièmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique** (Centre Jean Franco, Chamonix), Paris. 1984. pp. 172-182.

(22) Jean-Pierre ASTOLFI, Yvette GINSBURGER-VOGEL, Brigitte PETERFALVI. *ibid.*

... en délimitant
les objectifs

Goy et Viovy (23) par exemple font remarquer que certains schémas sont plutôt orientés vers l'analyse, et d'autres vers la synthèse, et qu'un choix est nécessaire entre ces deux objectifs.

2.5. Les effets de l'idéologie et des désirs

le lecteur transpose
dans le schéma son
vécu personnel

Il faut donc réunir bien des conditions pour qu'une image soit traduite correctement. Le schéma se donne en général pour but d'être le plus univoque possible. On sait dans quelle mesure il n'y parvient pas toujours - et l'on peut se demander s'il n'y a pas une part d'interprétation du "lecteur" qui dépend moins du schéma lui-même que d'un "vécu" personnel.

Ce que montre Tardy (24) à propos d'un dessin (qualifié d'"ensemble mou") est peut-être transposable d'une certaine façon au schéma, plus rigide quant à l'interprétation qu'on doit en faire.

A partir d'une expérience d'interprétation d'un dessin fantaisiste et humoristique, il constate les multiples découpages en unités signifiantes, diverses selon les sujets. Ainsi le dessin serait signifiant "par construction" et cette construction serait liée à ce que le lecteur veut voir dans l'image. L'idéologie serait première et ce serait elle qui commande le découpage du dessin en unités signifiantes.

Tout se passe comme si le lecteur dessinait le dessin une seconde fois.

Il faut comprendre qu'une telle analyse est d'autant plus pertinente que l'on a affaire à un dessin "ouvert" et pour l'interprétation duquel l'imagination est en droit de se donner libre cours. Mais les effets de l'idéologie et des désirs ne sont pas absents pour autant quand il s'agit de comprendre un schéma ou un dessin plus "fermés". En être conscient au moment de son élaboration peut, là aussi, atténuer les ambiguïtés.

Mais le passé personnel et affectif n'est pas seul à prendre en compte : le passé intellectuel a bien sûr aussi des effets importants et attendus.

(23) Gérald GOY et Roger VIOVY. "Schématisation dans l'enseignement scientifique". **Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifiques. Actes des Sixièmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique** (Centre Jean Franco, Chamonix). Paris. 1984. pp. 73-78.

(24) Michel TARDY. "Autour d'un dessin : le texte (?), le lecteur (?), et le chercheur (!)". **Langages**. n° 75. **Letres et icônes**. septembre 1984.

les illustrations
s'adaptent à des
publics différents

2.6. La nécessité de prérequis

Jacobi fait remarquer que l'illustration dans le discours scientifique s'appuie sur un certain nombre de prérequis d'ordre instrumental et épistémologique, qui sont supposés connus des lecteurs, et qui ne sont pas les mêmes selon le public auquel on s'adresse. Ainsi les illustrations des diverses revues scientifiques ne sont pas du même type.

Dans trois revues scientifiques différentes, Jacobi analyse des schémas concernant le comportement alimentaire du rat et les mécanismes neurophysiologiques qui l'expliquent : Les Archives italiennes de biologie présentent six figures qui sont des courbes, La Recherche utilise plusieurs systèmes graphiques : photos, courbes, dessins, schémas, et Science et Vie présente quatre dessins de type humoristique.

Les lecteurs des Archives italiennes sont donc considérés comme des spécialistes pour qui des courbes sont suffisamment parlantes, ceux de La Recherche sont censés savoir lire des courbes mais sont gratifiés en outre d'illustrations moins "techniques", ceux de Sciences et Vie enfin sont censés avoir besoin de ce "réalisme grotesque" pour être motivés à lire les informations qu'on leur propose (voir le document joint fig 7).

Ces remarques visent à montrer que la lecture des images ne va pas de soi, et que leur construction suppose de suivre des règles assez exigeantes, nécessitant un apprentissage. D'autre part, si les images ont des vertus, elles ne peuvent prétendre à elles-seules rendre compte de l'ensemble des connaissances - d'où le sens péjoratif que prend souvent l'adjectif "schématique".

2.7. Comment un texte peut devenir image

Si la lecture des images demande tout un travail d'interprétation, il en va de même pour le texte dans son ensemble. C'est ce que met en évidence Jacobi dans un article où il développe quelques réflexions sur le fait que dans un texte, les graphies, la mise en page, les encadrés etc... jouent sur le lecteur comme une image. Dans un article imprimé on peut distinguer deux sous-ensembles :

"L'enchaînement des signes, des mots, des phrases et des paragraphes représente ce qu'il est convenu d'appeler le corps du texte (autrement dit le texte). Le texte laisse tout autour de lui un espace du support qui demeure libre, en blanc, c'est le cotexte. Mais il est rare que le cotexte demeure inexploité : le scripteur tend à y introduire différents éléments comme les titres, les phrases en marge, et les illustrations." (...) On peut convenir d'appeler paratexte l'ensemble des éléments mis dans le

texte, paratexte et
cotexte

fig. 7

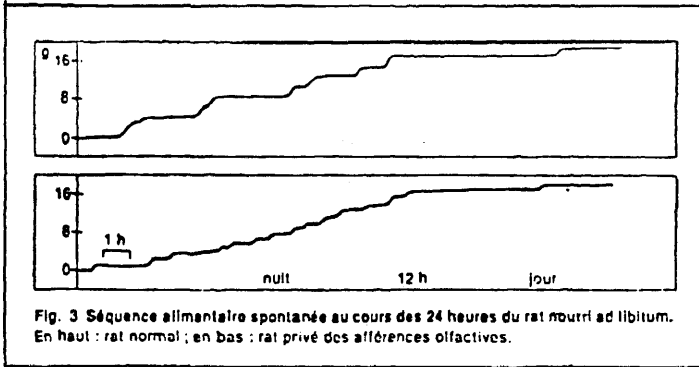


Fig. 3 — 1 EE

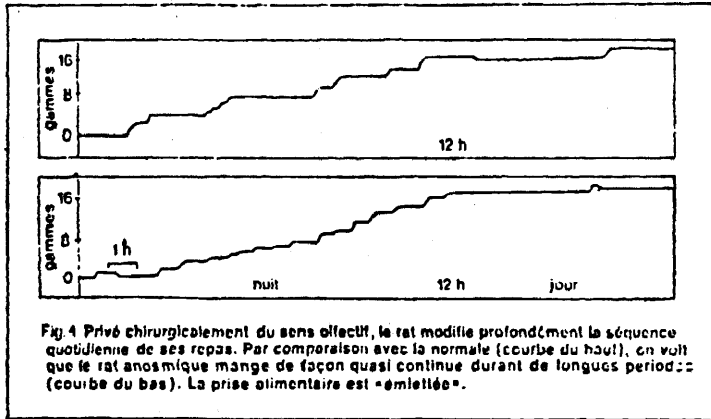


Figure 4 — 1 ER

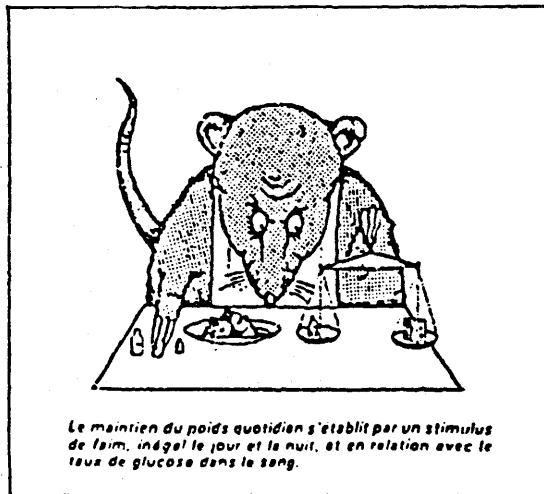


Figure 1 EV

cotexte et auquel le texte lui-même peut renvoyer par un système de références balisé par : "voir fig." ou "cf.". La spatialisation, la dispersion ou l'ordonnement du texte, paratexte, cotexte produit un effet dit de mise en page".

"Le rapport entre le texte, le paratexte qui utilise des signes typographiquement distincts (majuscules, gras, italiques), l'utilisation des espaces demeurés en blanc du cotexte, les masses de texte imprimées en continu et les illustrations proprement dites donnent à l'éditeur un nombre important de moyens pour jouer sur cet effet d'ensemble. La mise en page visera à accrocher l'attention, à baliser un cheminement du regard sur l'aire scripturale du document, ou encore, à cloisonner la lecture dans des secteurs distincts de cette aire (utilisation par exemple d'un texte encadré et imprimé en petits caractères : un encart, un encadré)"(25).

savoir interpréter le code implicite lié à la présentation matérielle du texte

Là encore il serait nécessaire d'apprendre à lire le code implicite de la présentation matérielle d'un texte et à discerner les valeurs ou fonctions respectives des divers éléments dont il est constitué (faire la différence par exemple entre un document, un résumé, un commentaire d'image). (26)

En fait, la difficulté de lecture des images n'a d'égale que l'importance des images dans la conceptualisation. Qu'il y ait - comme on l'a vu - une hétérogénéité entre l'image (achevée) et le concept, ne réduit en rien le rôle créatif des images dans la conceptualisation.

3. IMAGES MENTALES, PENSÉE PAR IMAGES

3.1. Les images mentales et leur pouvoir

Certaines recherches récentes semblent montrer que les "images mentales" ont un degré de réalité qui les fait se comporter comme des images réelles :

"Imaginez par exemple que vous regardiez un éléphant. A-t-il relevé sa trompe ? De quelle couleur sont ses défenses ? Quelle est la taille de ses yeux ? La plupart

l'image mentale est "regardée"

(25) Daniel JACOBI. "Figures et figurabilité de la science dans des revues de vulgarisation. *Langages*. n° 75. *Lettres et icônes*. septembre 1984.

(26) Voir à ce propos : Jean-Pierre ASTOLFI. "Lire dans un manuel, pas si facile pour les élèves !". *Cahiers Pédagogiques*. n°254-255. 1987.

elle se comporte
comme une image
réelle

des gens prétendent qu'ils s'efforcent de répondre à de telles questions en "examinant" une image mentale, à peu près comme ils examineraient un éléphant véritable". Cette intuition de "la plupart des gens" s'avère en accord avec les recherches menées par Ronald Finke et d'autres chercheurs. Par exemple il signale que Stephen Kosslyn, de l'Université de Harvard, a montré que plus on demande aux sujets de se représenter des images grandes ou proches, plus rapidement ils discernent les traits d'un animal imaginé.

"Ainsi l'image mentale semble se comporter comme une image réelle : elle est tridimensionnelle, et elle fonctionne, comme l'objet lui-même, en activant certains types de mécanismes neuroniques à des niveaux plus élémentaires du système visuel". "L'image mentale peut donc acquérir des caractéristiques visuelles et servir à modifier la perception elle-même". (27)

Cette quasi-réalité des images mentales avait déjà été analysée, d'un autre point de vue, par Bergson.

Dans L'Énergie spirituelle, il développe une analyse où doivent être distingués schéma et image. (28)

Il appelle schéma ce qui est dynamique et comporte une interpénétration des éléments, par opposition à l'image, qui est statique et correspond à une spatialisation des éléments. Il considère que l'invention, comme l'effort de mémorisation, consiste à passer du schéma à l'image. Quelques extraits permettront de mieux situer cette distinction que fait Bergson dans l'analyse de l'effort intellectuel :

"Analysez votre effort quand vous évoquez avec peine un souvenir simple. Vous partez d'une représentation où vous sentez que sont donnés l'un dans l'autre des éléments dynamiques très différents.

(...) L'effort de rappel consiste à convertir une représentation schématique, dont les éléments s'entrepénètrent, en une représentation imagée dont les parties se juxtaposent".

(...) Travailler intellectuellement consiste à conduire une même représentation à travers des plans de conscience différents dans une direction qui va de l'abstrait au concret, du schéma à l'image".

On voit que la notion de schéma a un sens bien particulier pour Bergson :

(27) Ronald FINKE. "Imagerie mentale et système visuel". **Pour la science**. Mai. 1986. pp. 86-93

(28) Henri BERGSON. **L'Énergie spirituelle**. Ch. VI. "L'effort intellectuel". Paris. PUF. 86e éd. 1964 (1ère éd. 1919).

pour Bergson, le schéma est dynamique et l'image est statique

"Il consiste en une **attente** d'images, en une attitude intellectuelle destinée tantôt à préparer l'arrivée d'une certaine image précise, comme dans le cas de la mémoire, tantôt à organiser un jeu plus ou moins prolongé entre les images capables de venir s'y insérer, comme dans le cas de l'imagination créatrice. Il présente en termes de **devenir**, dynamiquement, ce que les images nous donnent comme du **tout fait**, à l'état statique. (...) A une intelligence flexible, capable d'utiliser son expérience passée, en la recourbant selon les lignes du présent, il faut, à côté de l'image, une représentation d'ordre différent toujours capable de se réaliser en images, mais toujours distincte d'elle. Le schéma n'est pas autre chose".

Ce jeu entre une dimension dynamique et une dimension statique de la pensée rend assez bien compte de ce besoin que l'on a de traduire sa pensée, d'aider la réflexion, en dessinant des "schémas" (au sens matériel et banal du terme...).

3.2. Images, pensée, communication

Le schéma peut être considéré comme la matérialisation d'une pensée par image, puisque la réflexion passe parfois par une sorte de "vision" intérieure où les concepts ou les phénomènes sont hiérarchisés, classés et mis en relation de façon quasi-spatiale. Faire un schéma pour s'aider à réfléchir, c'est à la fois traduire matériellement cette pensée visuelle, cette image mentale, et c'est aussi l'aider à s'exprimer en permettant une mémorisation immédiate d'images fugitives. Cela permet aussi de communiquer cette pensée en la donnant à voir à d'autres, qui pourront éventuellement la modifier...

Le rôle primordial de l'image dans les sciences est inclus dans ce que Bruno Latour et Daniel Jacobi nomment les "inscriptions".

Ainsi Bruno Latour souligne ce rôle actif des images et des "inscriptions", dans le développement cognitif des sciences, en tant qu'aide stratégique pour convaincre. Il rappelle ainsi une anecdote du voyage de La Pérouse où celui-ci, ayant abordé à L'île de Sakhaline, se fait enseigner la géographie de l'île, "et est très surpris parce que les habitants sont parfaitement capables de dessiner sur le sable leur île en projection" et que même l'un deux, voyant que la mer efface les traces, est capable de faire un dessin sur le carnet de La Pérouse. La différence entre eux et La Pérouse n'est pas à chercher dans l'aptitude à "tracer" mais dans le poids accordé à la trace : ce qui n'est qu'un intermédiaire sans importance pour l'habitant est le but même de la mission de La Pérouse, qui doit rapporter à Versailles de quoi pou-

les schémas et les images comme "inscriptions" de la pensée scientifique

donner une valeur aux "traces"

voir décider si Sakhaline est une île ou une presqu'île, en "inscrivant toutes (les preuves) dans le même langage, selon la longitude et la latitude" (29).

Ce qui est en effet décisif dans la démarche scientifique, c'est de pouvoir conserver du réel des images "mobiles" et "immuables" qui permettront au scientifique à la fois de travailler sur un matériau facilement manipulable et à la fois de convaincre ses pairs.

Ainsi "la chimie écrite et visualisée va pouvoir se recombinaison sur le papier autant que dans les cornues. L'attention du chimiste se perd dans le laboratoire, mais se concentre à nouveau sur la surface même du papier".

L'image n'est alors pas à considérer comme une illustration mais bien comme un matériau dont le texte sera le prolongement. En effet l'image permet au scientifique de "donner aux phénomènes une forme qui soit telle que l'on puisse en la retravaillant, gagner sur eux plus que ce qu'on y a mis". Et on pourra ainsi appeler "pensée rigoureuse" cette aptitude à construire des images qui peuvent être retravaillées au deuxième degré. En partant d'elles, d'autres choses sont découvertes si bien que les représentations finissent par avoir tout le pouvoir. L'image a donc bien un rôle moteur dans la découverte. Cet "aplatissement" du réel, cette codification et cette simplification permettent aux idées d'être véhiculées et transmises, échangées, critiquées... ce qui est nécessaire au développement du savoir scientifique.

la science est l'art de construire des images qui, retravaillées, donnent plus que ce qu'on y a mis

3.3. Les images comme modèles, métaphores, analogies...

On désigne par image non seulement l'"inscription" sur papier, non seulement la vision intérieure avec son processus dynamisant, mais aussi ce qui est figure de style. C'est l'image comme métaphore, analogie ou modèle.

Et dans cette perspective, l'un des problèmes qui se posent dans l'élaboration et l'apprentissage du savoir scientifique, est de déceler le rôle que peuvent avoir les métaphores et les analogies. Molino souligne le rôle de l'analogie dans l'invention scientifique. Il fait remarquer par exemple que la majeure partie des termes scientifiques a une origine figurée : par exemple "corpuscule", "particule", "champ", "onde" ; et même en mathématiques on trouve des termes comme "treillis", "pavé" (30).

l'image comme métaphore a aussi un rôle positif dans la démarche scientifique

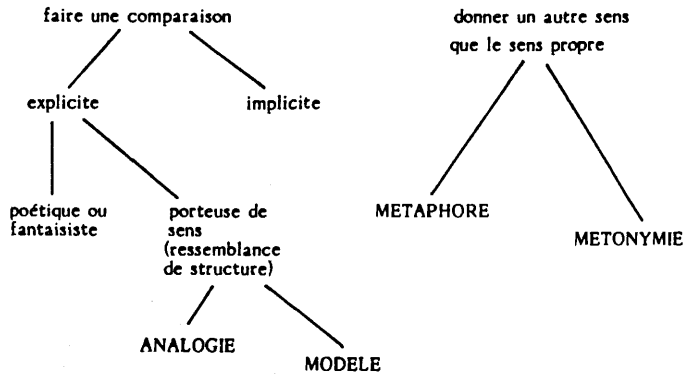
(29) Bruno LATOUR. "Les "vues" de l'esprit". Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques". **Culture technique**. 1985. n° 14. CRTC. pp. 5-29.

(30) Jean MOLINO. "Métaphores, modèles et analogies dans les sciences". **Langages**. n° 54. juin 1979.

les diverses figures
de l'image

Ainsi, loin d'être considérée comme un parasite à rejeter, l'analogie est parfois vue comme un instrument- non seulement pédagogique mais aussi heuristique (31).

Il faut constater cependant que ces termes d'image, comparaison, modèle, analogie, métaphore, voire métonymie et synecdoque, sont le plus souvent employés de façon un peu floue et interchangeable. Sans prétendre ici mettre fin aux ambiguïtés (surtout en ce qui concerne le concept de **modèle** qui est sans doute le plus complexe à analyser), on peut tenter de formuler quelques précisions en mettant en lumière des distinctions ou oppositions grâce auxquelles les divers termes pourront mieux être situés les uns par rapport aux autres. Un discours imagé peut soit introduire une comparaison, soit utiliser un mot dans un autre sens que son sens habituel. S'il y a comparaison, elle peut être implicite ou explicite et, dans ce dernier cas, être fantaisiste et poétique, ou porteuse d'un sens explicatif. S'il s'agit de l'utilisation d'un sens figuré, on a soit une métaphore soit une métonymie... En disposant sous forme de diagramme ces diverses distinctions et oppositions on obtient les situations respectives des diverses "images" :



(31) Voir également la définition d'"analogie" dans le lexique du rapport de recherche déjà cité : **Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales**. Equipe Aster. Paris. INRP. Décembre 1985.

la comparaison est explicite dans l'analogie et implicite dans la métaphore

Ce diagramme fait apparaître que l'**analogie** est une comparaison explicite (elle se formule souvent de la manière suivante : ce que A est à B, C l'est à D) qui se veut porteuse de sens et justifiée par une ressemblance de structure éclairante pour la compréhension d'un phénomène grâce à un autre qui est déjà connu ou plus facile à comprendre.

La **métaphore** comporte une comparaison qui demeure implicite et qui n'apparaît qu'à travers l'emploi figuré d'un terme. On peut citer d'ailleurs la définition qu'en donne Du Marsais :

"La métaphore est une figure par laquelle on transporte pour ainsi dire la signification propre d'un mot à une autre signification qui ne lui convient qu'en vertu d'une comparaison qui est dans l'esprit. (...) quand on dit "la lumière de l'esprit", ce mot de lumière est pris métaphoriquement ; car, comme la lumière dans le sens propre nous fait voir les objets corporels, de même la faculté de connaître et d'apercevoir éclaire l'esprit, et le met en état de porter des jugements sains" (32).

La **métonymie** est une façon de donner un sens figuré à un mot sans que cela procède pour autant d'une comparaison. D'après Du Marsais, les maîtres de l'art restreignent la métonymie aux usages suivants :

- la cause pour l'effet ; par exemple "vivre de son travail" c'est-à-dire vivre de ce qu'on gagne en travaillant.

- l'effet pour la cause ; par exemple dire que le mont Pélion n'a point d'ombres, c'est-à-dire qu'il n'a point d'arbres qui sont la cause de l'ombre ; l'ombre qui est l'effet des arbres est prise ici pour les arbres mêmes,

- le contenant pour le contenu ; comme quand on dit "il aime la bouteille" pour dire "il aime le vin".

- le nom du lieu où la chose se fait pour la chose même, par exemple, "c'est une Perse", c'est-à-dire une toile peinte qui vient de Perse.

- le signe pour la chose signifiée ; par exemple le sceptre pour l'autorité royale.

- les parties du corps qui sont regardées comme le siège des passions sont prises pour les passions elles-mêmes (avoir du coeur, c'est-à-dire du courage).

La **synecdoque** est une forme de métonymie où l'on prend le plus pour le moins ou le moins pour le plus. Par exemple "cent voiles" pour "cent vaisseaux", ou "les mortels" pour "les hommes".

le sens figuré donné à un mot ne procède pas forcément d'une comparaison

(32) DU MARSAIS. **Des tropes et de la construction oratoire**. Lyon. Amable Leroy. 1815.

modèle et
construction
conceptuelle

Quant au concept de **modèle** il apparaît comme issu d'une comparaison explicite, justifiée et structurée. C'est une forme d'analogie où l'accent serait plus mis sur l'aspect conceptuel...ce qui n'exclut pas l'aspect imagé de certains modèles. Et inversement certains modèles se présentent comme la conceptualisation abstraite de réalités physiques (ainsi la modélisation mathématique d'un écosystème).

Dans tous les cas le modèle apparaît comme une construction conceptuelle, exprimée ou non sous forme d'image, visant à rendre compte d'un phénomène, mais ne prétendant pas se confondre avec le phénomène lui-même ni le révéler tel qu'il existe réellement dans son intégralité. Si bien que le modèle n'est pas une "image" de la réalité comme le serait le reflet d'un miroir, c'est plutôt l'image de notre rapport à la réalité, c'est-à-dire de notre vision du monde dans ce qu'elle a de compatible avec les données de l'expérience (33).

En guise de récapitulation (34)

Au total, il apparaît que le rapport entre les images et les sciences joue sur des glissements de sens très significatifs de la complexité de la transmission des sciences, et de leur élaboration.

Lorsque l'image désigne la trace jetée sur un papier (autre que la transcription du langage articulé), elle est une aide à la conceptualisation et au discours, mais aussi un signe dont l'interprétation ne va pas toujours de soi. Ainsi cette trace icônique, dont le but est d'être une aide pédagogique, nécessite un apprentissage, sous peine d'être au contraire un obstacle à la compréhension. Pourtant, ce qui est tracé n'est bien souvent que la transcription d'images mentales, à travers lesquelles les concepts prennent corps, ou de schématisations organisatrices qui permettent à la pensée de maîtriser les données du réel.

les noces
mouvementées de
l'image et du
concept

(33) Voir à ce sujet : Raymond CARPENTIER. "Les modèles et leur ajustement au réel". **Economies et sociétés**. n° 1. Janvier. 1967.

(34) Il faut signaler la bibliographie thématique et commentée de Jean-François VEZIN : "Repères bibliographiques. La schématisation". **Perspectives documentaires en sciences de l'éducation**. n° 7. 1985.

L'image semble intervenir massivement dans les démarches scientifiques et, sous ses diverses formes, elle se combine avec le concept, comme antithèse complémentaire ou comme antichambre attrayante ou bien encore comme face visuelle de la pensée. Expliciter ses règles de codage et de décodage ne peut que favoriser la compréhension de nos démarches de connaissance.

Anne-Marie DROUIN
Lycée de Corbeil
Equipe de didactique des sciences
expérimentales, INRP.

FORMATION SCIENTIFIQUE ET TRAVAIL AUTONOME

Différencier la pédagogie en fonction de la pluralité des élèves et des situations de classe peut conduire à la mise en œuvre de groupes de niveaux-matières ou à la gestion de classes hétérogènes. C'est cette seconde option que développe l'ouvrage que nous présentons.

Fruit de l'action et de la réflexion d'enseignants dans le cadre des recherches de l'équipe de didactique des sciences de l'INRP, *Formation Scientifique et travail autonome* propose aux professeurs de Biologie des collèges, des outils, des procédures et une organisation du travail, facilitant une pédagogie du contrat dans le cadre de classes hétérogènes.

Par l'analyse de représentations d'élèves, des propositions de tableaux d'objectifs, des grilles d'observation du comportement des élèves, des fiches d'auto-contrôle, des aménagements de l'espace-classe, des exemples d'aides documentaires, les auteurs organisent les réponses à trois questions-clés : comment l'élève construit-il son savoir ? Comment l'enseignement peut-il développer des situations d'autonomie ? Quelle organisation pédagogique instaurer pour individualiser les apprentissages ?

Rédigé par des enseignants pour des enseignants, *Formation scientifique et travail autonome*, devrait permettre de moins vivre l'hétérogénéité comme une contrainte mais plutôt comme un atout pour valoriser la pluralité des élèves et des situations de classe.

*Formation scientifique
et travail autonome*

Publication de l'INRP
dans la série «Collèges, Collèges, Collèges...»

223 pages, 60 francs TTC
En vente à l'INRP
29 rue d'Ulm, 75230 Paris