

Didactique de la BIOLOGIE et lecture des IMAGES

● Pierre Clément

Avoir des yeux ne suffit pas pour lire une image. C'est avec le cerveau qu'elle se « lit ».

Regards d'un biologiste

Quelques rappels de biologie introduisent le propos qui suit, centré sur l'articulation entre la lecture des images et les apprentissages en biologie.

Phylogénèse de la vision

Quand la pupille de notre œil s'ouvre dans une ambiance obscure ou se ferme quand la lumière est vive, nous ne disons pas que nous voyons ou lisons l'intensité de la lumière. Nous réagissons de façon réflexe à cette intensité. L'œil de certains animaux n'a que cette fonction. Leur univers (leur *Umwelt*) est le plus difficile à se représenter : pas d'image, rien que des réflexes, en particulier visuo-moteurs. Mais l'univers visuel de la plupart des autres animaux devient plus structuré. Plusieurs d'entre eux forment des images mentales, attestées par exemple par des comportements utilisant une sorte de carte mentale pour atteindre une proie en la perdant de vue, ou pour revenir au nid. C'est encore discuté chez certains arthropodes, mais c'est un fait avéré chez les céphalopodes, les oiseaux et les mammifères. Se pose alors la question de la différenciation entre une image et ce qu'elle figure ; problème complexe que les humains apprennent à résoudre, tandis que la plupart des autres animaux en sont incapables. Je me limiterai à la lecture d'images par des humains.

Voir, c'est interpréter en fonction de ce que l'on a appris

Quand je rêve, je vois des images alors que mes yeux sont fermés. Il en est de même quand j'entends, lis, ou simplement imagine, par exemple, la tour Eiffel : j'ai son image en tête en l'absence de sa perception visuelle. Tous les circuits cérébraux de la vision sont alors actifs. On peut donc lire une image sans l'avoir sous les yeux, en l'évoquant. Qu'il s'agisse de la Joconde ou de la carte de France, nous lisons l'image mémorisée, ce qui suppose bien sûr une sélection par notre mémoire de certaines des informations contenues dans l'image initiale : par exemple, je ne me souviens de la localisation que de quelques départements, alors qu'ils étaient tous indiqués sur l'image que je n'ai qu'en partie mémorisée. Mais ce phénomène de sélection est un processus permanent inhérent à tout ce que nous voyons et non limité aux images.

Varela² (1989, reprenant les résultats de Singer 1982) souligne une donnée neurobiologique importante et toujours non enseignée : la vision n'est pas un processus linéaire allant de l'objet observé à l'œil, puis au corps géniculé latéral (CGL dans le thalamus à la base du cerveau), puis dans les aires visuelles du cerveau (17, 18, 19, 21...). C'est un processus massivement bouclé. Ainsi, les neurones qui viennent de la rétine se connectent tous à d'autres neurones dans le CGL d'où partent les neurones qui vont dans les aires visuelles du cerveau. Mais ces derniers neurones ne reçoivent de l'œil que 20% de leurs stimulations, 80% venant de diverses régions du cerveau pour un couplage incontournable avec l'équilibration, l'émotion, le rêve quand on dort et, à chaque instant, avec le cortex cérébral lui-même qui induit les interprétations acquises. Table, amandier, nuage (ce que je vois à l'instant même) : je les dénomme automatiquement en les voyant, et les cognitivistes travaillent sur ce lexique interne qui émerge en association avec chaque image ou chaque terme.

Ainsi, voir et interpréter sont étroitement intriqués ; l'ensemble dépend de ce que nous avons jusqu'alors appris. Face à la même image, nous ne voyons pas la même chose : par exemple, je pense *Bellis perennis* en voyant une image de pâquerette, quand d'autres pensent « petite fleur blanche », et nous n'en remarquons pas les mêmes détails. De façon plus globale, chacun de nous se construit son univers propre, son *Umwelt*, qui lui fait lire de façon unique le « même » lieu, ou la « même » image. Ainsi, dans une classe du primaire, un élève, fils de cordonnier, voyait tous les matins la marque des chaussures de ses camarades, remarquait que c'étaient ou non les souliers qu'il avait mis la veille ou le mois précédent. Il le faisait aussi sur des photos avec une capacité de lecture dont aucun des autres élèves n'était capable.

(1) Par exemple les rotifères, animaux planctoniques transparents que j'ai étudiés pendant trente ans de ma vie de chercheur en biologie : Clément P., Ramousse R., *La Vision chez les Invertébrés*, éd. CNRS, Paris, 1984 ; Clément P., « Les Rotifères : vivre dans l'immédiat », in *Mille cerveaux, mille mondes*, P. Buisseret éd., co-éd. Nathan-MNHN, Paris, 1999, p. 85-87. Le terme *Umwelt* reprend la terminologie introduite par Von Uexküll J. (*Mondes animaux et monde humain*, 1934, Denoël, 1965, Paris pour la traduction française), reprise par Canguilhem (« Le vivant et son milieu », in *La connaissance de la vie*, Vrin, 1965, 4^e éd., Paris, 1971, p. 101-128). Ce thème a ensuite été approfondi et développé par Clément P., Scheps R., Stewart J. (« Une interprétation biologique de l'interprétation. I – Umwelt et interprétation », in *Herméneutique : textes, sciences*, Salanskis J. M., Rastier F., Scheps R., PUF, Paris, 1997, p. 209-232).
(2) Varela F., *Connaître les sciences cognitives. Tendances et perspectives*, Seuil, Paris, 1989, p.74.

À chacun son monde ! Mais ces *Umwelts* singuliers sont aussi structurés par des universaux de lecture : nous allons en signaler quelques-uns.

Apprendre à voir, c'est aussi apprendre des coordinations sensori-motrices complexes

Ces coordinations ne sont pas uniquement visuo-motrices : par exemple, on voit autant avec son oreille interne (perception de la verticalité, des mouvements) qu'avec son œil. Les deux sensorialités sont intimement couplées. Je l'ai personnellement vécu, quand un de mes deux nerfs vestibulaires (liant l'oreille interne au cerveau) s'est coupé : il traverse un fin tunnel osseux, et une irritation de la gaine du nerf peut conduire à cette rupture. Je ne pouvais presque plus voir puis, progressivement, en plusieurs semaines, les connexions nerveuses lésées d'un côté se sont rétablies à partir de l'autre oreille interne, et mes fonctions d'équilibration et de vision se sont rétablies (Clément, 1999)³.

Un autre exemple classique de ces coordinations sensori-motrices complexes est la fameuse expérience où un sujet porte en permanence des lunettes qui inversent le paysage : le haut en bas et réciproquement. Au départ, impossible de bouger, de marcher, de saisir un objet. Tous les mouvements sont à apprendre à nouveau. Quelques semaines après, ils sont redevenus possibles : le bas reste en haut dans le paysage visuel du sujet qui a appris à vivre ainsi par de nouveaux couplages sensori-moteurs, la nouvelle vision s'accordant avec les autres perceptions maintenues (oreille interne, toucher, proprioception...).

On apprend à voir. Des expériences sur le chaton l'ont clairement démontré. Si, pendant une période sensible de sa jeune vie (4^e semaine), un petit chat vit dans l'obscurité (pour têter sa mère, etc.), sauf pendant une heure par jour durant laquelle il est mis dans une enceinte où il n'y a que des lignes verticales, il devient aveugle aux lignes horizontales. Et s'il n'y a que des lignes horizontales, il devient aveugle aux lignes verticales. Les prix Nobel Hubel et Wiesel (1962) ont mis en évidence des neurones qui ne sont sensibles qu'aux lignes verticales, et d'autres aux seules lignes horizontales. Held et Hein (1963) ont gardé le protocole de ne mettre un chaton qu'une heure par jour à la lumière, dans une enceinte où il ne voyait que des lignes verticales. Mais ils plaçaient deux chatons ensemble reliés par un manège que l'un faisait tourner, tandis que l'autre était porté par un panier, tournant donc avec le manège et ayant la même expérience visuelle que le premier, mais de façon passive. À l'âge adulte, les deux étaient aveugles aux lignes horizontales, mais seul le chaton actif avait des mouvements coordonnés par rapport aux lignes verticales. Le chaton passif semblait ne pas voir les lignes verticales : ses coordinations visuo-motrices ne s'étaient pas correctement mises en place.

Le bébé humain n'a pas de période sensible aussi drastique, mais apprend tout autant à coordonner sa vision à ses mouvements ainsi qu'à ses autres perceptions. C'est ce qui est à l'origine d'universaux de perceptions. Par exemple, l'illusion de Ponzo illustre que nous apprenons tous que ce qui est plus loin de nous est plus petit (fig. 1).

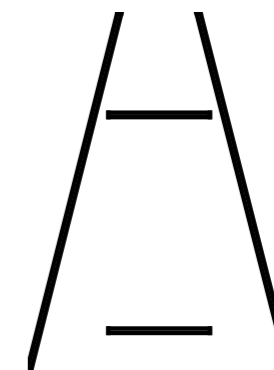


Figure 1 : illusion de Ponzo.

Ou encore l'image d'un masque de tête (fig. 2), montre que nous sommes tous incapables de voir le nez en creux et l'ensemble de ce visage en creux. Depuis notre naissance, nous avons appris à associer ce type d'image à un visage en relief. Nous pouvons nous convaincre intellectuellement que l'image de droite de la figure 2 est bien en creux. En masquant des parties du visage, nous pouvons même percevoir que son contour est effectivement en creux. Mais l'ensemble du message iconique est toujours un visage en relief.

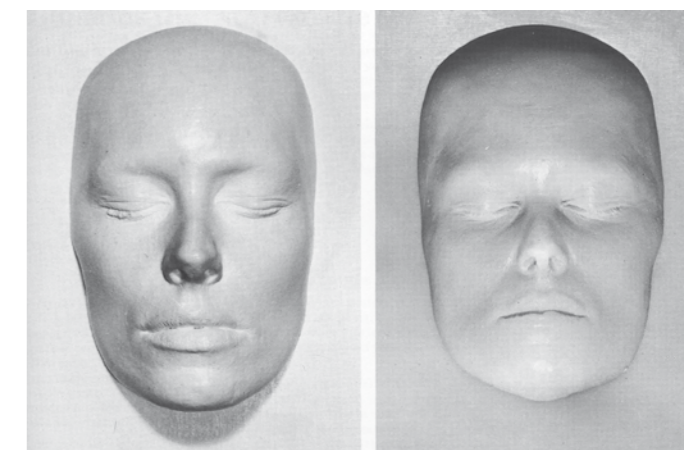


Figure 2 : masque d'un visage : à gauche, extérieur du masque (en relief) ; à droite, intérieur du masque (en creux).
Extrait de *Human Biology. An exhibition of ourselves*, Second Edition, British Museum (Natural History), Cambridge University Press, 1981.
© Trustees of the British Museum (Natural History).

(3) Clément P., « Un exemple vécu de plasticité cérébrale : la compensation vestibulaire », in *Biologie-Géologie*, bulletin APBG (association des professeurs de biologie-géologie), n° 4, 1999, p.731-736.

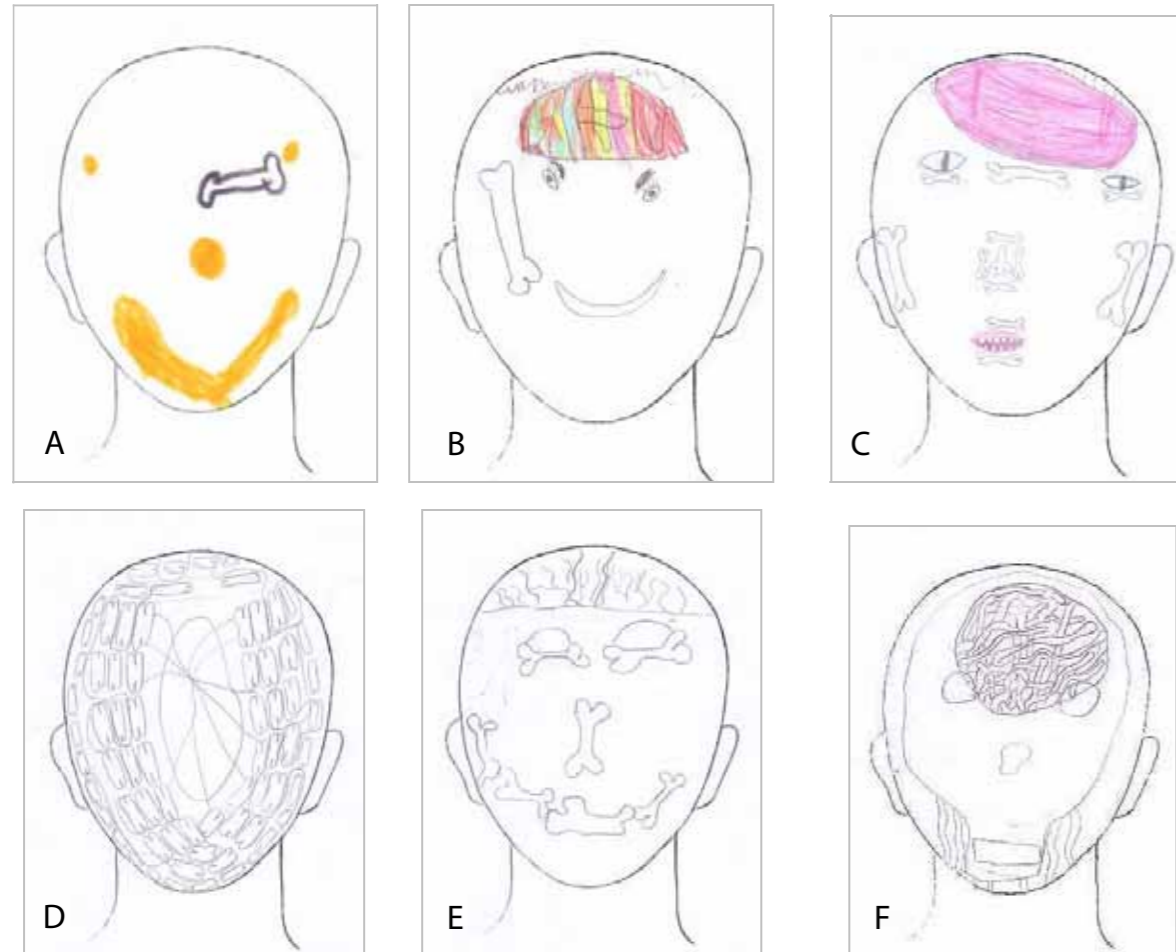
Cette image me servira de métaphore pour introduire la seconde partie de ce texte, plus centrée sur les apprentissages scientifiques. En effet, quand nous avons appris depuis notre naissance à interpréter d'une certaine façon ce qui nous entoure, un type d'image comme celle d'un visage, il nous devient impossible de visualiser différemment, même quand nous savons, comme c'est le cas pour ce masque (fig. 2) qu'il ne faut pas le voir en relief mais en creux. Il en est de même pour tout ce qui a trait à des perspectives (fig. 1) ou encore au relief, conditionné par le fait que la lumière vient toujours d'en haut...

En résumé, voir c'est conceptualiser en fonction de ce qu'on a appris à voir, à conceptualiser. Comment apprendre à voir d'une nouvelle façon, plus scientifique par exemple? Comment changer nos façons de voir antérieures?

Regards d'un didacticien de la biologie

Comment un concept se forge à partir d'une image

Dans une recherche que j'ai menée avec Christine Savy⁴, 800 élèves de 5 à 11 ans ont dessiné « ce qu'ils ont dans leur tête », puis ont été individuellement interrogés pour qu'ils expliquent leur dessin. La figure 3 en reproduit certains.



L'immense majorité des enfants de 5 à 7-8 ans, quand ils dessinent de l'os dans leur tête, schématisent un os prototypique qui ressemble à celui qu'on donne aux chiens, mais dont l'image vient des premiers albums pour enfants. Le terme « os » est d'emblée associé à cette image. Dans leur commentaire du dessin, ils donnent déjà à l'os plusieurs de ses attributs: « c'est dur, ça protège ».

Chez les plus jeunes, il n'y a le plus souvent qu'un seul os (fig. 3, A et B), puis les os sont plus nombreux et localisés pour avoir des fonctions précises (fig. 3, C, D et E). Ce n'est qu'à partir de la fin du CE2, après avoir étudié le squelette, que la forme prototypique de l'os donne place à des os différenciés, et parfois à un crâne entier (fig. 3, F).

Les statistiques que nous avons effectuées sur les catégories de dessins d'os montrent que, en CM1 et CM2, le schéma d'os prototypique est très minoritaire: il n'a donc pas été un obstacle épistémologique à l'acquisition de connaissances ultérieures sur les os (différenciation, fonctions...). L'association précoce d'une image à un concept peut donc participer à un processus de construction de ce concept, sans faire obstacle à des acquisitions ultérieures sur ce concept.

Figure 3: dessins d'élèves pour répondre à la question « Dessine ce qu'il y a dans ta tête ». A = maternelle; B = CP; C, D, E = CE1; F = CE2.

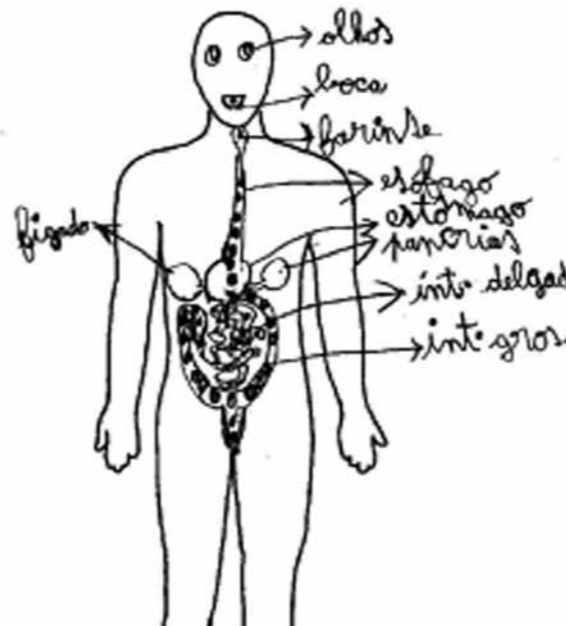


Figure 4a: dessin d'un élève portugais (le trajet des aliments dans son corps).

Enquête faite, au Portugal tous les manuels scolaires du primaire présentent l'anatomie du tube digestif de cette façon (exemple, fig. 4b), sans doute par respect du corps médical et des traités d'anatomie qui ont servi de référence aux réalisateurs des manuels scolaires.

Mais ce n'est pas toujours le cas: la réduction d'un concept à un prototype unique peut enfermer l'enfant dans une seule représentation qui rend difficile l'acceptation d'autres points de vue, d'autres conceptualisations. J'ai par exemple montré que, s'ils ne sont confrontés qu'au schéma d'une cellule vivante sous forme de deux ronds concentriques (le « modèle œuf au plat »), certains enfants auront du mal à concevoir la différenciation cellulaire: l'image prototypique devient alors obstacle. Nous allons en illustrer un exemple relatif à l'anatomie du tube digestif.

L'image d'un manuel scolaire peut être un obstacle (didactique) à un apprentissage

À l'occasion d'une conférence devant des enseignants au Portugal, je leur ai demandé de dessiner le trajet d'une boisson ou d'un aliment dans leur corps. J'ai eu la surprise de constater que la plupart d'entre eux dessinaient quelque chose de très confus après l'estomac, sans continuité d'un tube (l'intestin) jusqu'à l'anus⁵.

Nous avons ensuite entrepris une recherche plus systématique sur la façon dont les élèves portugais se représentaient leur tube digestif⁶, et avons constaté qu'à partir du niveau scolaire où ils apprennent l'anatomie de leur corps, la plupart des dessins représentaient ce type de confusion après l'estomac (fig. 4a).

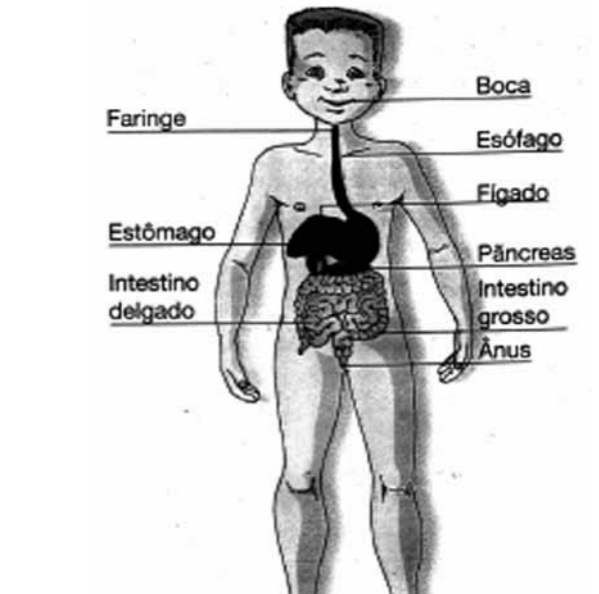


Figure 4b: manuel scolaire portugais, Borges Francesco, Lima Jorge, Freitas Maria, Andorinha Turrinha 3, Estudo do Meio, 3º ano, Ensino Básico, Porto Editora LDA, 1997, p. 12.

Or, la fonction de ce schéma anatomique (qu'on retrouve dans les écorchés ou les planches que la plupart des écoles utilisent) est médicale: savoir localiser sur un patient la position des organes internes. Cette fonction ne correspond pas à l'objectif de l'école primaire d'enseigner aux élèves l'anatomie du tube digestif continu de la bouche à l'anus. La pratique pédagogique doit s'affranchir de la pratique médicale pour proposer des images adaptées à ses objectifs. Sur cet exemple précis, elle y est arrivée plus rapidement en France qu'au Portugal⁷. Mais cet exemple nous montre déjà qu'une image de biologie dans un manuel scolaire a plusieurs facettes: des connaissances scientifiques, articulées à des pratiques sociales (médicales ou pédagogiques), elles-mêmes sous-tendues par des valeurs (le respect du corps médical qui sert de référence pour l'anatomie humaine).

(4) Savy C., Clément P., « Dessine ce que tu as dans ta tête ». La conceptualisation des os par des enfants de 5 à 11 ans. 3^e Rencontre Scientifique de l'ARDIST (association pour la recherche en didactique des sciences et des techniques), ENFA, Toulouse, 2003 p.173-180.
 (5) Clément P., « Didactique de la biologie: les obstacles aux apprentissages », in G. Simoes de Carvalho et al, *Saberes e practicas na formação de professores e educadores*, éd. FCT Min. da Ciancia e do Ensino Superior (Portugal), 2003, p.139-154. L'objectif de cet exercice de dessin est de savoir combien vont dessiner une tuyauterie continue entre la bouche et la vessie, ce qui permet d'identifier un obstacle épistémologique: la perméabilité de la paroi de l'intestin (alors que les tuyaux utilisés dans notre vie quotidienne ont une paroi imperméable): Clément P., « Sur la persistance d'une conception: la tuyauterie continue digestion-excrétion », *Aster*, n° 13, 1991, p.133-155; Clément P., « Situated conceptions and obstacles. The example of digestion/excretion », in Psilos D. et al, *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*, Kluwer Academic Publishers, 2003, p. 89-98.
 (6) Carvalho G. S., Silva R., Lima N., Coquet E., Clément P., « Portuguese primary school children's conceptions about digestion: Identification of learning obstacles », in *International Journal of Science Education*, n° 26, 2004, p.1111-1130.
 (7) Carvalho G. S., Silva R., Clément P., « Historical analysis of Portuguese primary school textbooks (1920-2005) on the topic of digestion », in *International Journal of Science Education*, n° 29, 2, 2006, p.173-193.

Nous allons insister sur ces interactions avec les exemples qui suivent.

Le modèle KVP et les images des manuels scolaires

Les images de deux manuels scolaires édités en 1959 me permettront d'introduire le modèle KVP. Il s'agit de manuels de *Sciences appliquées*, titre qui déjà introduit l'interaction entre connaissances scientifiques à enseigner et pratiques sociales des élèves qui auront plus tard à utiliser ces connaissances. C'est encore aujourd'hui un objectif important de l'enseignement que de proposer aux élèves des connaissances qui leur seront utiles. En l'occurrence, il s'agissait des classes de fin d'études (l'équivalent de la 6^e aujourd'hui, classe après laquelle la majorité des élèves quittait l'école pour s'engager dans la vie active), pour des écoles rurales (les sciences enseignées devaient donc être appliquées aux métiers de la vie rurale), mais avec une séparation entre écoles de filles et de garçons, qui était la règle à l'époque.

Cinquante ans à peine de recul rendent insupportables les constats qui s'imposent à la lecture des images de ces deux manuels : seule la moitié du contenu est identique, présentant les mêmes contenus scientifiques. L'autre moitié est étonnante à consulter, réservant certaines connaissances scientifiques et techniques aux garçons (moteurs, voitures, tracteurs...) et d'autres (l'aspirateur, le poulailler, le ménage) aux filles (figure 5).



Fig. 5: extrait du manuel scolaire de *Classiques Hachette*, 1959, Sciences appliquées, classe de fin d'études, écoles rurales de filles, Marcel Orioux. Photo bibliothèque INRP, Lyon. Droits réservés.

Avec le recul, le sexisme implicite à ces choix de contenus des images de ces manuels nous saute aux yeux. Éditer de tels manuels aujourd'hui serait impossible ! Cet exemple illustre bien le modèle KVP⁸ (fig. 6) : les conceptions d'une personne, tout comme le contenu d'une image de manuel scientifique, peuvent être analysés en tant qu'interactions entre des connaissances scientifiques (K pour *Knowledge* en anglais), des valeurs (V) et des pratiques sociales (P).

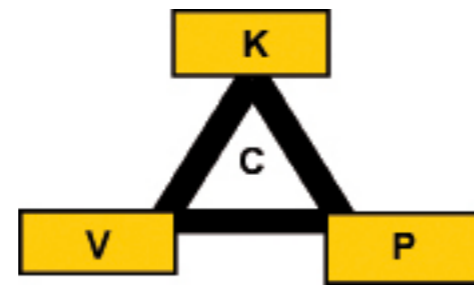


Figure 6: le modèle KVP propose de privilégier, dans l'analyse des conceptions (C) d'une personne, les interactions KVP entre connaissances scientifiques (K), valeurs (V), pratiques sociales (P).

Ce modèle peut être utilisé pour analyser les conceptions des apprenants ou des enseignants, celles des chercheurs et des éditeurs des revues scientifiques dans lesquelles ils publient, à travers l'analyse d'images présentes dans ces publications⁹, ou encore enfin celles des auteurs et éditeurs de manuels scolaires.

Nous l'avons en particulier utilisé dans le cadre d'un projet de recherche européen¹⁰ pour analyser des manuels scolaires de biologie dans dix-neuf pays, sur des thèmes précis¹¹. Ce qui est difficile, dans ce type de recherche, c'est d'identifier des implicites (valeurs ou pratiques sociales). Par exemple, une image publiée par un chercheur dans une revue scientifique sérieuse est avant tout porteuse d'information scientifique et de valeurs attendues à toute recherche scientifique (en particulier le respect de la vérité par la preuve expérimentale et/ou logique).

(8) Clément P., *Science et idéologie: exemples en didactique et épistémologie de la biologie*, Actes du colloque sciences, médias et société, ENS-LSH, 2004a, p.53-69. <http://sciences-medias.ens-lsh.fr>; Clément P., *Didactic transposition and the KVP model: conceptions as interactions between scientific knowledge, values and social practices*, Proceedings of ESERA Summer School 2006, IEC, Braga (Portugal), 2006, p. 9-18.

(9) Pour un exemple d'analyse critique d'images publiées dans la célèbre revue *Nature*, voir Clément P., «Using complex images in the popularization of science: Scientific or ideological agenda?», in *Multimedia learning: cognitive and instructional issues*, Rouet J.-F., Levonen J., Biarreau A., eds Pergamon (Elsevier Science), London, 2001, p. 87-98, 182-183.

(10) Projet BIOHEAD-CITIZEN (Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship), STREP CIT2-CT-2004-506015, E. C., FP6, Priority 7, 2004-2008, coordonné par G. S. de Carvalho, P. Clément et F. Bogner.

(11) Clément P., «Relating to critical analysis of school science textbooks», in *Science Education International*, n° 19, 2, 2008, p.93-96. Ce texte est une introduction à l'ensemble de ce numéro spécial de SEI sur ce thème.

Mais elle peut aussi être analysée comme le résultat des pratiques sociales de l'activité du chercheur : la vie de laboratoire¹², la réponse implicite à un chercheur concurrent, une mode technologique ou conceptuelle, la volonté de ne pas fâcher des bailleurs de fonds...

Au cours de cette analyse peuvent aussi être mises en évidence des valeurs qui introduisent de l'idéologie dans l'image scientifique, comme le sexisme. Pour prendre un autre exemple : la figure 7 reproduit une image célèbre que l'on retrouve dans les manuels scolaires de la majorité des pays.

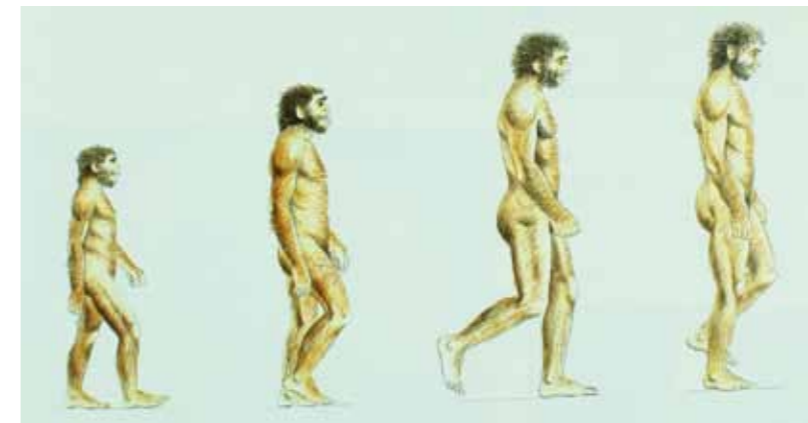


Figure 7: extrait du manuel Sciences de la vie et de la Terre, 4^e, R. Tavernier, Bordas, 1998, p. 179. Dessin d'après L'Homme. Ses origines, F. Facchini, Flammarion. Photo bibliothèque de l'INRP, Lyon.

Cette image ne nous choque pas tant elle nous est familière. Son analyse¹³ permet cependant de formuler plusieurs critiques importantes.

Sur le plan scientifique, elle est dangereuse car elle suggère une transformation linéaire d'une espèce en une autre, qui est loin du modèle d'évolution buissonnante de type darwinien. Sur le plan idéologique, elle réduit l'espèce humaine aux seuls hommes, qui plus est de type occidental (alors que leur origine africaine est de plus en plus documentée). *L'Homo sapiens* qui émerge est un archétype de l'homme très marqué culturellement, évoquant Adam (sans Ève), voire le Christ. Le message de cette image est donc loin de n'être qu'une information scientifique à prétention universelle!

De l'iconogénèse à l'iconolecture

Les images scientifiques peuvent être lues, analysées ou catégorisées de différentes façons, en fonction des objectifs de cette analyse.

Un objectif pédagogique essentiel me semble être de faire comprendre comment l'image a été construite, fabriquée, et avec quelle finalité. J'ai ainsi proposé de distinguer les images graphiques (dans le sens défini par le sémiologue Bertin¹⁴) des images figuratives, ce qu'Umberto Eco¹⁵ définit comme « les signes iconiques » : ils « ne possèdent pas les propriétés de l'objet représenté [...] Ils reproduisent certaines conditions de la perception de l'objet, mais après les avoir sélectionnées selon des codes de reconnaissance et les avoir notées selon des conventions graphiques ».

Ainsi, dans le domaine du visuel, une photo ou un film reproduit plus d'éléments de l'objet figuré qu'un dessin ou encore un schéma, voire une caricature. Mais la sélection d'éléments est informative. Elle existe toujours, car même une photo choisit un point d'observation (angle, distance). Par exemple, dans un manuel scolaire, un montage électrique peut être représenté de façon figurative : on reconnaît les fils électriques, la pile plate, etc. Mais quand le schéma s'épure pour représenter la pile sous forme de deux traits parallèles, on entre dans la catégorie des images graphiques.

Un grand nombre d'images scientifiques figuratives sont obtenues après transcodage pour figurer visuellement une information : électrocardiogramme, sonogramme, IRM, etc. Il est essentiel que l'élève comprenne ces opérations de transcodage.

J'ai analysé des types de transcodage pour l'imagerie biomédicale¹⁶. Je n'en retiendrai que deux messages. Le premier est que la compréhension de l'iconogénèse (la façon dont l'image a été produite) est essentielle pour l'iconolecture, en particulier pour la lecture d'images scientifiques. Le second liste les questions essentielles à se poser quand on tente de lire une image scientifique, et je terminerai par la simple liste de ces questions : qui l'a produite ? Pour qui ? Comment ? Avec quel(s) appareil(s) ? Quel(s) objet(s) ? Quel(s) concept(s) ? Dans quel but ? Quelles fonctions ? Quel(s) message(s) ? Quels sont les implicites identifiables (modèle KVP) ?

Pierre Clément

Universitaire en retraite (université Lyon 1)
coordinateur du projet de recherche européen
Biohead-Citizen (2004-2008)
Pierre.Clement@univ-lyon1.fr

(12) Latour B., Woolgar S., *Laboratory life*, Sage publications (traduit depuis en français), London, 1979.
(13) Quessada M. P., Clément P., Oerke B., Valente A., «Human evolution in science textbooks from twelve different countries», in *Science Education International*, n° 19, 2, 2008, p.147-162.
(14) Bertin J., *Sémiologie graphique*, Monton, Gauthier-Villars, Paris, 1967.
(15) Eco U., *La Structure absente. Introduction à la recherche sémiotique*, Mercure de France, Paris, 1968.
(16) Clément P., «L'imagerie biomédicale: définition d'une typologie et proposition d'activités pédagogiques», *Aster*, n° 22, 1996, p.87-126.