

# SCHÉMAS, LANGAGE ET ACQUISITION DE CONNAISSANCES EN CLASSE DE SCIENCES (Cours Moyen 2)

Gilbert DUCANCEL,  
I.U.F.M. de Picardie. INRP-Équipe *Constructions métalinguistiques*.

Jacqueline POCHON  
Direction de l'Information Scientifique et Technique - Ministère de la  
Recherche et de l'Espace.

---

**Résumé :** On se propose d'analyser les interactions entre schémas, oral et écrit, en classe de sciences, dans la perspective prioritaire de l'acquisition de connaissances.

Qu'est-ce qui est représenté dans un schéma scientifique et selon quelles modalités de représentation? Comment peut se construire, en classe, la signification des schémas par les élèves? Quels parcours offrir des écrits aux schémas et réciproquement, via l'oral? Quelles actions et quels discours sur les schémas mettre en place? Quelle préparation ménager à la lecture des schémas?

On conclut sur le rôle spécifique du langage et sur l'apport déterminant des enchaînements, des articulations entre le verbal et le non verbal dans l'acquisition des connaissances.

---

Les recherches en Didactique des Sciences expérimentales conduites depuis plus de vingt ans à l'INRP, la recherche interdisciplinaire Français-Activités scientifiques qui s'est déroulée de 1975 à 1980 (INRP, 83) ont souligné que les interactions entre les opérations sur le réel et les modes de communication étaient une des conditions de progrès de l'investigation et de l'analyse. En effet, la pensée scientifique s'appuie nécessairement et de façon organique sur la fonction symbolique, la communication (INRP, 76). La progression de la pensée scientifique implique une articulation étroite entre la manipulation et l'observation, d'une part, les activités de communication et de symbolisation, matérialisées par des productions orales, écrites et graphiques, d'autre part." (HOST, 80).

Les rôles, les modalités d'intervention de l'oral, de l'écrit en classe de sciences ont été l'objet de recherches nombreuses. Les unes s'inscrivent dans le large cadre des signes et discours dans l'éducation scientifique (GIORDAN, MARTINAND, 84). D'autres se placent du point de vue de l'enseignement et de l'apprentissage. Il s'agit explicitement de recherches en didactique : Didactique des Sciences (INRP, 83 ; Aster, 88) ; Didactique du Français Langue Maternelle (désormais FLM) (DUCANCEL, 91 a et b) ; interactions entre les deux champs didactiques (Repères, 80).

Les images et les schémas dans l'enseignement scientifique ont, de leur côté, intéressé plusieurs chercheurs. On pourra se reporter, par exemple, pour les publications les plus récentes, à DROUIN (87), ASTOLFI (88), RUMELHARD (88), LIEURY (91), LAVARDE (92).

Par contre, **peu d'écrits** rendent compte de travaux qui se soient focalisés **sur les interactions entre schémas et langage, – oral et écrit –, dans l'enseignement scientifique à l'école.**

JOSSEME (83) montre l'apport de la discussion, par les élèves, de leurs productions graphiques et iconiques. Celle-ci fait progresser la prise de conscience des modèles intellectuels qui sont sous-jacents et, donc, la prise de distance par rapport aux productions sur lesquelles elle porte.

YZIQUEL (86) se centre sur les productions schématisées elles-mêmes et les commentaires métalinguistiques qui ont pu les accompagner. La relecture des schémas produits est différée et tient compte des réactions des destinataires. Cette double mise à distance facilite la discussion du schématisé et du schéma.

Nous nous proposons ici d'approfondir l'analyse des interactions entre schémas et langage en classe de Sciences, dans la perspective, prioritaire pour nous, de l'acquisition des connaissances.

Il nous faudra d'abord **définir et analyser les schémas scientifiques en tant que tels**. Notre ambition n'est pas d'en proposer une typologie (voir, pour cela, LAVARDE, 92), mais d'analyser des exemples des transformations que les schémas font subir au représenté. Notre expérience de formateurs nous conduit, en effet, à penser que... l'image de ces transformations ne saute pas aux yeux, ni ne se verbalise aisément, même pour des étudiants ou des enseignants de Biologie, encore moins de FLM. Nous utiliserons, pour cela, d'authentiques schémas de chercheurs, publiés dans des revues de spécialistes ou des traités, même si cela peut paraître incongru dans Repères, et en nous autorisant à n'en pas reprendre toutes les caractéristiques par la suite.

Nous nous poserons, ensuite, la question de savoir **comment peut se construire, en classe, la signification des schémas qu'on utilise**. Il est, en effet, plus que naïf de croire que la représentation donne un accès direct au représenté, même quand celui-ci est un observable. Cette naïveté, qui est souvent le fait des élèves, mais, parfois aussi, des maîtres, est, d'ailleurs, renforcée par le caractère figuratif de ces schémas, qui constitue alors un véritable **piège cognitif**.

L'information, les connaissances scientifiques ne passent pas, en classe, que par les schémas, loin de là. Tout le monde sait, tout le monde dit qu'il faut considérer aussi **les actions** (observations, expérimentations,...) et **les discours**. Mais les parcours qu'on envisage sont souvent linéaires et stéréotypés. Par exemple : j'observe ; je schématise ; je commente et je conclus. Par ailleurs, les enseignants de Sciences ont parfois tendance à considérer que, dans une synthèse, par exemple, moins il y a de verbal, mieux ça vaut, et à cantonner

celui-ci dans l'expression de ce que les schémas ne peuvent dire. Nous essaierons d'aller au-delà de ces rapports entre schémas et langage, et d'explorer quelques parcours plus complexes entre actions, schémas, discours oraux et écrits.

Nous soutiendrons, enfin, que **lire des schémas, ça se prépare, ça s'apprend**. Et pourtant, rares sont les classes où la lecture des schémas en tant que telle est enseignée. Pas plus, selon nous, peut être moins que celle des autres types d'images. Cela peut tenir à leur apparente transparence... Ce qui nous ramène, tel le Picard de la comédie, à notre commencement.

Notre contribution s'appuie sur un module pluridisciplinaire intitulé *Le discours scientifique dans tous ses états*, que nous assurons dans le cadre d'un enseignement optionnel de Sciences de l'Éducation offert aux étudiants de Licence et de Maîtrise de Sciences à l'Université Pierre et Marie Curie - Paris VI (description et analyse dans DUCANCEL et coll., 80). Elle s'appuie également sur des travaux réalisés en CM2 par des maîtres d'Amiens associés à la recherche INRP *Constructions métalinguistiques à l'école*.

## 1. QU'EST-CE QU'UN SCHÉMA SCIENTIFIQUE ? FAUX SEMBLANTS ET RÉALITÉS.

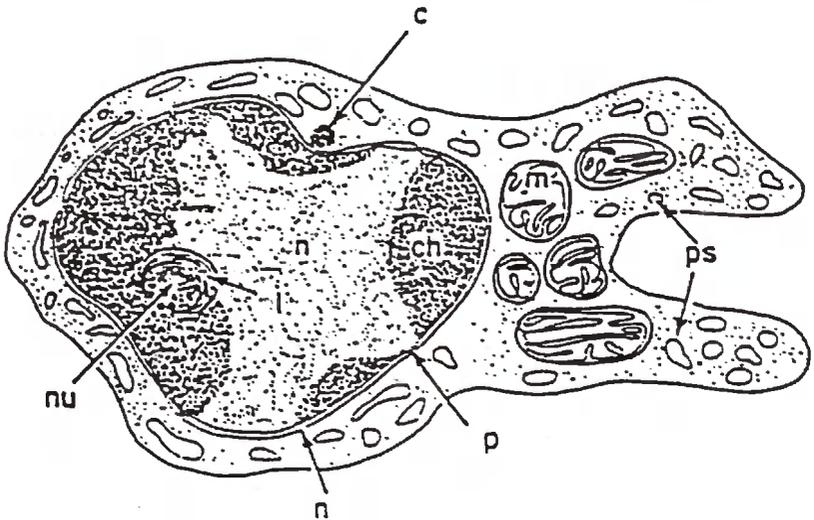
Avez-vous déjà déjeuné avec un chercheur qui sort de son laboratoire ? Il commence très calmement par répondre à votre question "Alors, quoi de neuf ?", à vous raconter sa dernière expérience. Mais, devant votre perplexité croissante, très vite il cherche un coin de la nappe en papier pour vous représenter, en quelques traits hâtifs, ce qui permet d'assurer ses propos et de forcer votre compréhension. Le dessin s'orne de quelques formules, de quelques mots, et les résultats, au demeurant encore bien abstraits pour vous, prennent corps dans une cohérence figurée qui soulage votre mémoire. Oui, maintenant, vous voyez, c'est-à-dire que vous entendez bien, avec ces repères verbaux et non verbaux, le discours scientifiques de votre interlocuteur.

Cette schématisation impromptue, qui correspond, au fur et à mesure de vos questions, à l'évolution de vos représentations sur le sujet, vous permet de comprendre le protocole d'investigation de votre ami chercheur, selon une formulation qui vous convient. Cette formulation, verbale et non verbale, a l'avantage, ici, de se dérouler en situation de dialogue, ce qui élimine beaucoup d'ambiguïté entre le récepteur et l'émetteur. Mais ce cas est, malheureusement, peu fréquent. Qu'arrive-t-il quand le schéma est livré ex abrupto au lecteur ? À l'apprenant ?

Nous proposons à nos étudiants, grands consommateurs de schémas, une réflexion sur la **schématisation dans le discours scientifique**, qu'il soit primaire ou transposé à des fins didactiques ou de popularisation. Les schémas revêtent alors **une signification qui dépasse celle du simple contenu, ouvre sur leur statut et leurs fonctions diversifiées.**

L'exemple des gamètes mâles chez les Crustacés, – domaine qui suscite peu d'a priori... –, offre une gamme de représentations qui correspondent à des réalités implicites qu'il faut absolument saisir pour adhérer au discours transmis..

### 1.1. De la représentation figurative au schéma modélisant

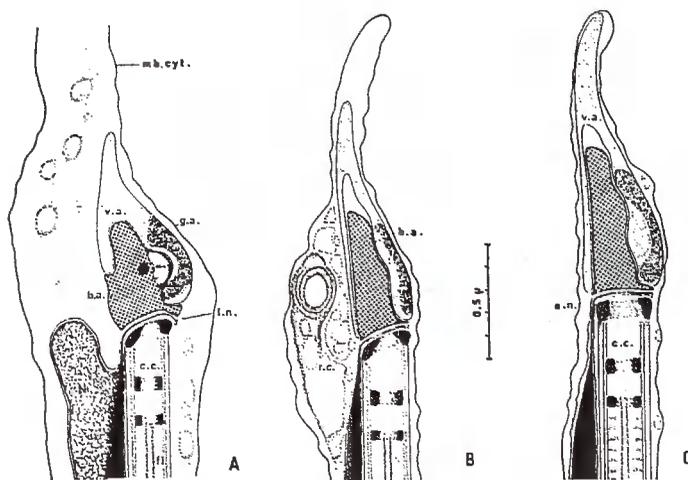


**Figure 1** : Spermatide en fin d'évolution du *Streptocephalus torvicornis*. La cellule présente des pseudopodes (ps) ce qui laisse supposer des mouvements d'amaéboïsme. Dans le noyau (n), des lamelles protéiques (l) apparaissent au niveau du nucléole (nu), c, centriole ; ch, chromatine condensée ; n, enveloppe nucléaire ; m, mitochondrie ; p, pore nucléaire.

Ce schéma de la spermatide âgée chez un Crustacé primitif correspond à la simple image d'un échantillon bien choisi. La schématisation ne s'opère que, d'une part, par le choix de l'échantillon le plus représentatif, d'autre part, par le tracé du dessin qui, de la photo, ne souligne que les éléments fondamentaux et aisément répertoriables.

Fig. 1, 3, 4 et 5 : J. Pochon-Masson. Arthropoda-Crustacea. In : *Reproductive Biology of invertebrates*. Vol. II : Spermatogenesis and sperm function. Ed : K.G and R.G Adiyodi, 1983, John Wiley and sons Ltd. pp. 407-449.

À côté de ce schéma purement **descriptif**, la figure 2 présente un schéma **narratif** dont le dynamisme est donné par la succession d'images de trois étapes de la différenciation cellulaire.



**Figure 2 : Formation et évolution de l'acrosome**

A. Dans la spermatide – B. Dans le spermatozoïde

b. a. : bâtonnet acrosomien ; c. c. : complexe centriolaire ; env. n. : enveloppe nucléaire  
fl. : flagelle ; g. a. : grain acrosomien ; l. n. lamelle nucléaire ; mb. cyt. membrane  
cytoplasmique ; N. : noyau ; r. c. : reliquats cytoplasmiques ; v. a. vésicule acrosomique

Pour se libérer de la variabilité propre à chaque échantillon et accéder à une représentation valable pour un groupe, l'image ne correspond plus à un observable, rencontré, par exemple, dans une micrographie électronique, mais aux **observables communs** à chaque membre du groupe. Il s'agit des éléments constamment présents et de leur disposition mutuelle.

Cette image, issue d'une construction à partir de multiples observations, change de statut et se "rigidifie" dans la figure 3.

Fig. 2 : Y. Turquier et J. Pochon-Masson. L'infrastructure du spermatozoïde de *Trypetesa* (= *Alcippe*) *nassoarioides* Turquier (Cirripède acrothoracique) : Arch. Zool. exp. gén., 110, 3, pp. 453-470, 1969.

Elle fait appel aux figure géométriques pour devenir un outil apuré qui permette de confronter immédiatement les gamètes des espèces avoisinantes, ou même de rapprocher certains groupes zoologiques, comme les rhizocéphales, les cirripèdes.

Ce schéma explicatif et prédictif a été bâti à partir d'une espèce, qui a servi, ensuite, au processus de généralisation.

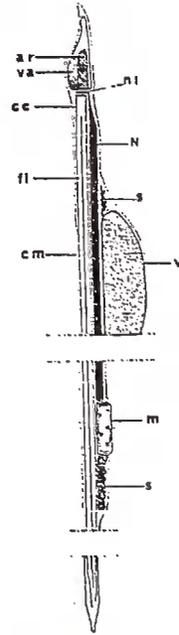
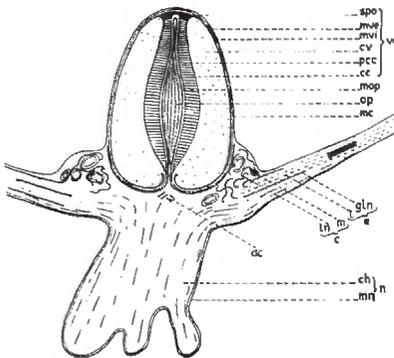


Figure 3 : Diagramme du spermatozoïde des Cirripèdes

ar : baguette axiale ; cc : centriole ; cm : membrane cytoplasmique ; fl : flagelle ; m : mitochondrie ; N. noyau ; nl : lamelle nucléaire s : gaine glycogénique ; v : vésicule transitoire ; va. vésicule acrosomique



- c. : collier
- ch. : chromatine
- cc. : canal central
- cv. : contenu vésiculaire
- dc. : diplosome centriolaire
- e. : épine ou complexe NCT (complexe nucléochondriopolymicrotubulaire)
- gin. : gaine constituée de lame provenant de la membrane nucléaire
- lm : lame provenant de la membrane nucléaire
- m. : mitochondrie
- mc. : membrane cytoplasmique
- mn. : membrane nucléaire
- mop. : membrane de l'organe percuteur
- mve. : membrane vésiculaire externe
- mvi. : membrane vésiculaire interne
- n. : noyau
- op. : organe percuteur
- pcc. : paroi du canal central
- spo. : sphincter operculaire
- f. : faisceau polymicrotubulaire
- va. : vésicule acrosomique

Figure 4 : Schéma-type du spermatozoïde mûr des décapodes avant la dévagination.

Dans le **schéma-type** du spermatozoïde des décapodes (Fig. 4), l'auteur propose une image qui, de fait, bien que très précise dans ses détails, ne correspond à **rien qui existe**. Ce schéma représente l'ensemble des éléments constitutifs possibles dans un plan d'organisation bien défini, et qui s'exprimera par des modalités variées selon les espèces. Il s'agit d'une reconstruction totale, reposant sur des milliers d'observations. Nous sommes loin de l'information apportée par la figure 1. De la représentation strictement figurative, nous aboutissons à une **illustration modélisante** qui, dans le contexte beaucoup plus large d'une perspective phylétique chez les crustacés, va, dans la figure 5, se réduire à la comparaison des motifs les plus fondamentaux (acrosome, noyau, mitochondrie, flagelle).

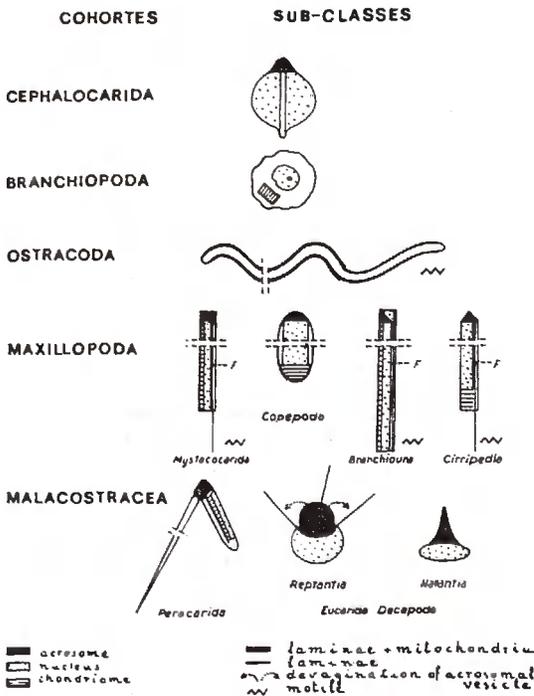


Figure 5 : Diagrammes du type moyen des spermatozoïdes de crustacés récapitulant les constituants fondamentaux selon les groupes

Le passage des formes concrètes aux formes abstraites qui se masque, comme dans la figure 5, d'un figuratif **sécurisant**, augmente considérablement l'implicite de la signification et des enjeux reposant sur une information de plus en plus vaste et structurée.

En quelques traits, en quelques mots, dans un espace maîtrisé, ces traces qui n'ont pas peur du temps apportent au lecteur la **synthèse modélisante** d'un long discours scientifique oral et écrit.

Publiées dans les revues reconnues, ces schémas ont reçu l'aval de la communauté scientifique et communiquent instantanément et sans détour linguistique possible l'état des connaissances du moment sur le sujet. Accompagnées d'une terminologie descriptive et d'une légende explicative, ils semblent bien armés pour délivrer un message clair et rigoureux. Le lecteur va recevoir ces images comme évidentes et faciles. **Et pourtant ?**

Le schéma ne peut être dissocié du discours verbal, oral et écrit, qui le contextualise, le relativise, l'explicite, selon les besoins de l'apprenant, et, surtout, précise les simplifications (choix des éléments et des relations figurées) qui ne sont pas des réductions, mais qui, dans la complexité de toute situation, focalisent le propos par rapport à tel et tel objectif de connaissance. Tout schéma a fait, consciemment ou inconsciemment, l'objet d'un encodage. Il faut décoder, opération que l'on saisit parfaitement lorsqu'on la pratique soi-même. En tout état de cause, il est nécessaire de lever l'ambiguïté en faisant appel à un travail verbal d'accompagnement, dans un niveau de formulation compatible avec celui des représentations du public visé.

## 1.2. Faire travailler le représenté et la représentation

Un schéma, aussi figuratif soit-il, ne représente pas un objet concret singulier, mais **sélectionne** au moins, dans cet objet (figure 1), les traits représentatifs d'un ensemble. À l'opposé, des schémas sont des représentations de constructions mentales, spatiales et conceptuelles (figures 4 et 5). Ils sont des **images de concepts**. Comme le dit CLAVERIE (93), *le schéma est, en fait, une parabole qu'il faut savoir ne pas prendre pour argent comptant.*

Un schéma est donc le produit d'un double travail, en interaction :

- une **transformation de l'objet** pour en obtenir une ou des images schématiques. Il s'agit des transformations iconiques analysées par ECO (70).
- un **travail de l'image** : de la représentation en trois dimensions à la représentation en deux dimensions, etc. Ce travail peut s'analyser en termes de degrés d'iconicité (MOLES, 81).

Ce double travail qui aboutit à la production du schéma indique deux des axes de l'enseignement de la lecture des schémas à l'école. Le premier axe consiste à faire découvrir, comprendre le **représenté** ainsi qu'à faire analyser les caractéristiques de la **représentation**.

Le second axe est celui des **codes** proprement dits. Selon GINSBURGER-VOGEL (88), les manuels scolaires n'indiquent pratiquement jamais les codes employés ni la correspondance entre eux. Aussi bien en réception qu'en production, *la schématisation doit être envisagée dans le cadre d'une étude sur les codes et leur signification.* (LAVARDE, 92).

Le travail sur le représenté se heurte, particulièrement en Biologie, à une difficulté : les schémas se présentent comme des figures bien qu'ils ne représentent jamais un objet concret, singulier. C'est ce que JACOBI appelle la **figurabilité** (JACOBI, 84 ; 91).

Il semble, enfin, que le déchiffrement du représenté et celui des codes gagnent à **s'inscrire dans le contexte** du discours scientifique qu'on lit, qu'on produit : qu'étudie-t-on ? de quoi parle-t-on ? que veut-on expliquer ? etc. Ce discours articule schémas et textes oraux et écrits. La mise à distance du discours et, donc, des schémas et des textes met essentiellement à contribution le langage.

En fonction de ce qui vient d'être rappelé, nous pouvons maintenant aborder l'étude didactique. Elle s'appuie sur des séquences d'enseignement de la biologie réalisées dans les CM2 de J. DELAFONTAINE, École Bd de Châteaudun, et G. PENAUD, École Bd de Bapaume - à Amiens.

## 2. DES IMAGES QUI S'ÉCLAIRENT RÉCIPROQUEMENT. FAIRE COMPRENDRE CE QUE REPRÉSENTENT LES SCHÉMAS

La **figurabilité** des schémas pose problème sémiologiquement, nous l'avons dit, mais aussi didactiquement.

En effet, en classe de Sciences, il s'agit, en premier lieu, que les élèves soient conduits à **identifier et à comprendre ce que représentent les schémas** qu'on leur soumet. Et cela ne va jamais de soi.

Quand ce qu'on étudie, ce qu'on cherche à comprendre renvoie à un **observable**, on peut travailler sur **différentes représentations de cet observable**, en amenant les élèves à prendre conscience des transformations qu'on lui fait subir en fonction des questions qu'on se pose.

Dans le CM2 Châteaudun, on étudie le système bras-avant bras. On a observé successivement un membre réel, celui du voisin, et une épaule de mouton décharnée. Les premières représentations sont des croquis réalistes, dont, cependant, certains font un sort à l'articulation.

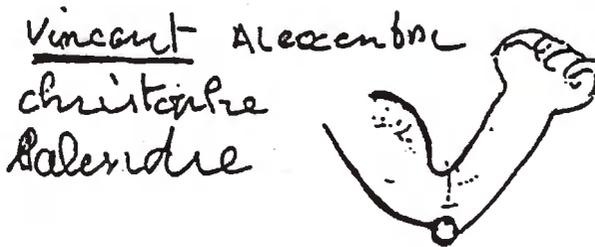


Figure 6

Quand l'activité se centre sur la question "*Comment on bouge le bras ? Comment fonctionne le membre ?*", la maîtresse propose aux élèves de réaliser des schémas prospectifs de modèles réduits qu'ils construiront ensuite.

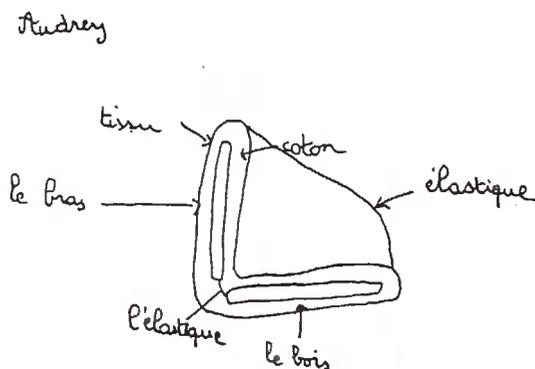


Figure 7

Le schéma du groupe d'Audrey (figure 7) n'est pas complètement dépouillé d'éléments analogiques non pertinents (os emballés dans du coton et du tissu), mais, pour l'essentiel, met en espace les éléments considérés comme suffisants pour expliquer la motricité des membres antérieurs. Les points d'attache de ce qui figure le biceps et l'absence de représentation du triceps seront, ensuite, discutés par, entre autres, un retour à l'observable, le bras humain.

**Ces points d'appui sur l'observable ne sont, cependant, pas toujours possibles**, loin de là. Dans ce cas, on ne peut s'appuyer que sur des **images** (et des **descriptions verbales**) des objets concrets. la signification de ces images procède alors exclusivement des passages de l'une à l'autre, des comparaisons entre elles, de leurs **éclairages réciproques**.

Analysons ce qui a trait à la fécondation et à la nidation, dans l'étude de la reproduction humaine entreprise dans le CM2 Bapaume.

Les savoirs initiaux des élèves ont été recueillis oralement et notés par écrit :

- *Quand le spermatozoïde et l'ovule s'assemblent, cela forme une graine.*
- *Quand la graine est à l'emplacement de l'utérus, la poche se forme.*

Il y a donc :

- incertitude quant au processus de la fécondation,
- confusion (au moins lexicale) entre œuf et graine,
- ignorance du chemin suivi par l'œuf et du processus de nidation.

Le maître présente une cassette vidéo : *Voyage à travers le corps humain et fécondation in vidéo* (émission *Envoyé spécial*, antenne 2, 1991). Le visionnement intégral est suivi de retours en arrière, en particulier sur la fécondation, la migration de l'œuf dans la trompe jusqu'à l'utérus, la nidation. Les commentaires des élèves, qui s'appuient sur ceux qui accompagnent les images sur la bande vidéo, manifestent la distinction accouplement/fécondation, l'emploi du mot *œuf* à la place de *graine*, la distinction œuf/poche.

Le maître passe ensuite à des images fixes.

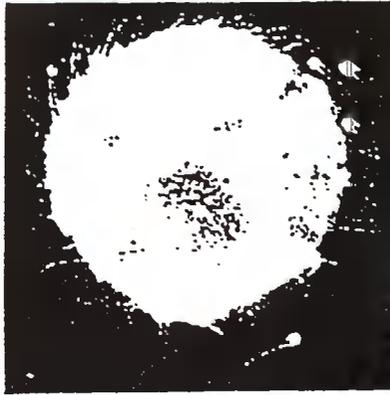


Figure 8

Une photographie de l'ovule entouré de spermatozoïdes (figure 8), peu nette, nécessite une recherche, avec arrêts sur images, dans le film vidéo. Quand, par comparaison, elle est identifiée, un schéma de l'ovule avant fécondation est introduit en retard (figure 9).

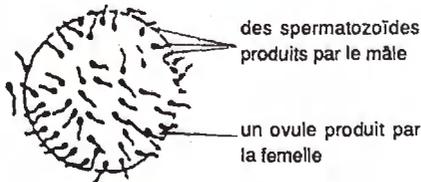
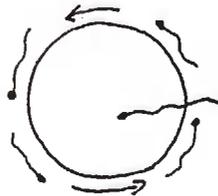
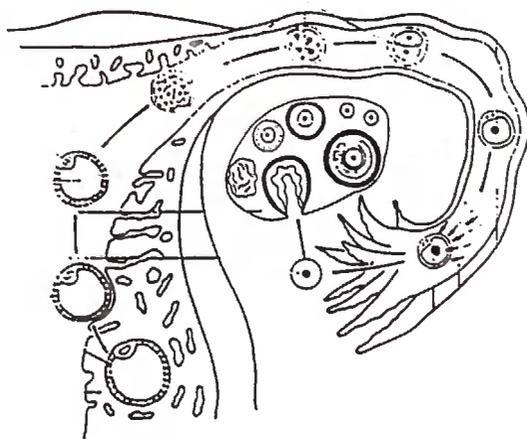


Figure 9

Le processus de la fécondation n'était pas visible dans le film. Les élèves reprennent les explications du commentaire de celui-ci : *Un seul spermatozoïde pénètre dedans. C'est ça, la fécondation.* Cette explication verbale est alors schématisée par le maître, avec l'aide des élèves, et par référence au schéma précédent.



Le maître introduit alors le schéma suivant (figure 10).



**Figure 10**

La fécondation de l'ovule et la nidation de l'œuf chez la femme (dessin schématique, les différents organes ne sont pas représentés à la même échelle.)

Même après la lecture de la légende, les élèves ne parviennent pas à identifier ce que représente le schéma. Se pose donc **d'abord un problème de figurabilité descriptive**.

Ils font de nouveau retours au film, avec arrêts sur images. Ils ne réussissent une mise en correspondance exacte que quand ils comprennent la **transformation** que le schéma réalise par rapport aux images du film : c'est une coupe.

Mais cette identification provoque immédiatement un **conflit cognitif**. Le film, les images fixes ont conforté leur savoir : la fécondation produit un œuf, l'œuf. Or, ici, il y en a tant que ça, d'œufs. Une femme, c'est pas une grenouille, quand même !

Conviés à analyser le schéma de près, ils remarquent et interprètent d'abord les flèches :

- Il se déplace. C'est ça.
- Sinon, il faudrait autant de schémas (que de flèches).

Puis ils analysent les schémas successifs de l'œuf, à partir de celui de la fécondation qu'ils identifient par référence à celui qui est resté au tableau.

- C'est une cellule.
- M. : Oui. Une seule.
- Mais ça se multiplie.
- Ça se divise.

Figure 10 : Manuel de biologie de 4<sup>ème</sup>, Belin.

- 2, 4, 8, 16, 32... (en comptant sur les schémas).
- M. : Ces nombres, c'est quoi ?
- Des puissances de 2.
- Et l'œuf, il grossit.
- Il bouge.
- M. : Il bouge. Et il va où ?
- Il va dans l'utérus.
- Il fait sa nidification.

Le maître écrit au fur et à mesure :



- M. Où se met-il ?
- Sur la paroi.
- M. : Oui. Dans la paroi utérine. Et quand il fait sa nidation, on a toujours un œuf ?
- Non. Un embryon.
- M. : Oui. Un embryon.

Il ajoute au tableau, à droite :

} embryon

C'est donc par la reconnaissance des procédés d'encodage (flèches, nombre de cellules pour une grosseur à peu près semblable à l'œuf, places de celui-ci) que les élèves comprennent le schéma, l'identifient comme une *animation*, en décodent la *figurabilité narrative*. Leurs commentaires empruntent également à leurs connaissances mathématiques (*des puissances de 2*) et au commentaire du film (*nidification, paroi, embryon*). Le schéma que le maître inscrit au fur et à mesure au tableau n'utilise que des mots, des flèches et une parenthèse. Il figure, synthétiquement, ce que figuraient le schéma et le discours. **C'est une figure de figures.**

### 3. DES ÉCRITS AUX SCHÉMAS ET RÉCIPROQUEMENT, VIA L'ORAL

Dans la séance suivante, on se centre sur le développement de l'embryon. Le schéma suivant est introduit (figure 11).

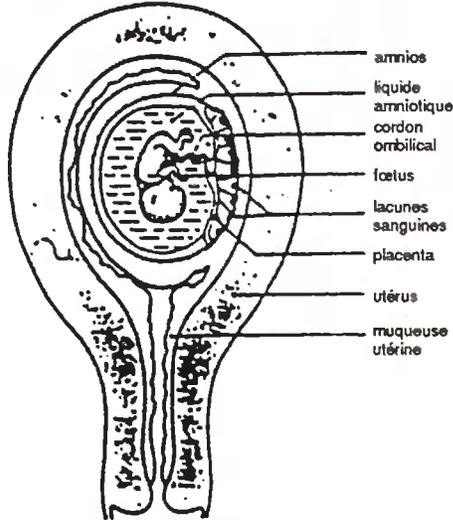


Figure 11 : Le fœtus et ses enveloppes en place dans l'utérus

Sa lecture ne fait pas difficulté. Mais elle fait ressortir qu'il s'est passé des choses depuis le schéma de la migration et de la nidation. Et puis, disent les élèves, *il grossit, il mange, il boit, il respire.*

Il faut donc, comme dit le maître, *essayer de voir comment tout ça se passe.* Mais on ne peut le voir sur le schéma, ni même dans le film. On va avoir recours à un écrit.

Le maître demande aux élèves de lire silencieusement le texte suivant (document 12).

La partie superficielle de l'œuf émet des prolongements, appelés villosités, qui vont envahir la muqueuse, s'allonger, se ramifier et même pénétrer dans les vaisseaux sanguins. Le sang maternel forme autour de l'œuf des lacunes sanguines (fig. 15). À ce niveau se produisent les échanges respiratoires et nutritifs entre le sang de la mère et l'embryon. Les villosités constituent l'ébauche du placenta, annexe embryonnaire qui reliera l'embryon à sa

mère. À partir de l'embryon se forme une membrane, l'amnios (fig. 16), qui est une seconde annexe embryonnaire. L'amnios entoure une cavité remplie de liquide, la cavité amniotique, appelée aussi poche des eaux.

Les annexes embryonnaires, placenta et amnios, ont un rôle nourricier et protecteur. Le placenta sécrète des hormones : il joue donc aussi le rôle de glande endocrine. L'embryon, puis le fœtus (nom

qu'on donne à l'embryon humain à partir de la fin du troisième mois), est relié au placenta par le cordon ombilical, qui s'allonge au cours du développement et atteindra cinquante centimètres à la naissance. Il aboutit au nombril du fœtus. Le cordon ombilical est parcouru par des vaisseaux sanguins. Le ravitaillement de l'embryon, puis du fœtus, en oxygène et en aliments s'effectue de la façon suivante :

sang maternel

↓

placenta → cordon ombilical → embryon

Les déchets à éliminer suivent le même trajet en sens inverse.

Remarque

Au niveau du placenta, il y a simplement contact entre les vaisseaux du placenta et le sang maternel. Ce n'est pas le sang de la mère qui circule dans l'embryon. L'oxygène et les aliments traversent la paroi des vaisseaux.

Quand c'est fait, le maître demande :

- M. : *Alors ? Quels sont les organes, les substances, les matières importants pour répondre aux questions qu'on se pose ? Quels mots je pourrais noter ?*

Les élèves lui dictent *villosités, poche des eaux, cordon ombilical, placenta, vaisseaux sanguins, amnios et cavité amniotique* (dont ils disent que *c'est la même chose que poche des eaux, et qui est écrit à côté*).

- M. : *Et ces mots se trouvent où ?*  
– *Dans le texte.*  
– M. : *Pas seulement...*  
– *Dans la légende du dessin aussi.*  
– *Du schéma.*

On le réexamine, en mettant en correspondance les mots relevés, le schéma et sa légende. Cela permet donc de **mettre en espace les informations prélevées dans le texte**.

- M. : *Oui, mais ça n'explique pas comment ça se forme.* (Il montre le placenta, en insistant.)  
– *Ah ! Je sais.*

Et l'élève lit le texte, depuis "*Les villosités*" jusqu'à "*mère*". Le complément est donné oralement par d'autres élèves, en référence au texte et à partir du questionnement du maître.

Le **parcours suivi** est donc, ici :

- lecture du texte,
- relevé des mots-clés,
- mise en correspondance, par ceux-ci, avec le schéma,
- prise de conscience de ce qu'il n'explique pas,
- lecture orale d'une partie du texte,
- compléments oraux en référence au texte.

Un autre **parcours** va être effectué à propos de la nutrition et de la respiration de l'embryon.

On part du texte :

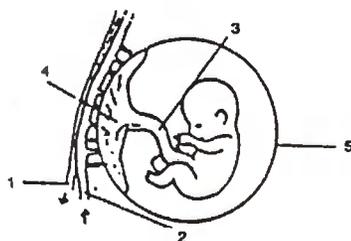
- M. : *À quoi sert le cordon ombilical ?*
- *À nourrir le bébé.*
- *À faire passer les nutriments.*
- *Et à le faire respirer.*
- *Ça passe par le sang.*
- *Pas par la bouche.*
- *Par les vaisseaux sanguins qui apportent les nutriments et l'air.*
- *Dans le texte, on dit que les déchets vont en sens inverse.*

Mais il semble bien que l'image mentale du processus des échanges soit celle de deux circulations en sens inverse dans les conduits successifs que sont les vaisseaux sanguins et le cordon ombilical.

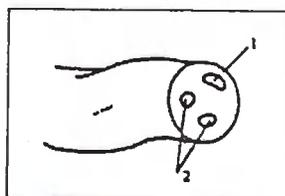
Le maître soumet alors à la lecture des élèves un autre texte accompagné d'un nouveau schéma (document 13).

Le sang du bébé et celui de sa maman circulent à l'intérieur du placenta. Ils passent tout près l'un de l'autre, si près que, sans jamais se mélanger, ils peuvent faire des échanges.

1. Veine de la mère
2. Artère de la mère
3. Cordon ombilical
4. Placenta
5. Membrane



Le cordon ombilical est une tige torsadée de vaisseaux sanguins, entourée d'une gelée molle et translucide. À la fin de la grossesse, ce cordon mesure 50 centimètres de long environ et a un diamètre de 1,5 centimètre.



1. Veine ombilicale
2. Artères ombilicales

Il est comme un pont qui assure la circulation de la vie. Comme il est sans cesse traversé par du sang qui va du bébé au placenta et du placenta au bébé, il bat en permanence au rythme du cœur du bébé. Ces pulsations (...)

Document 13 : Manuel de biologie de 4<sup>ème</sup>, Belin.

Ils répètent bien les deux passages qui forment de manière plus explicite le processus.

– M. : *Qu'est-ce que vous en retirerez ?*

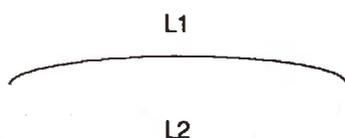
– *La maman échange des choses avec le bébé.*

(...)

– *Et les sangs ne se mélangent pas.*

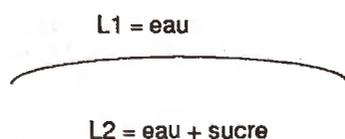
– M. : *Ça, c'est très important. Réalisez la phrase. (...) C'est très important. Vous l'étudierez à fond plus tard, dans vos études. Mais il faut que je vous l'explique rapidement. On a fait des expériences avec deux liquides séparés par une fine membrane.*

Il inscrit au tableau :



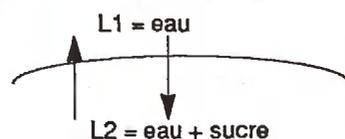
– M. : *C'est une membrane très fine. Les liquides ne sont pas du sang. L1, c'est, par exemple, simplement de l'eau. Et L2, de l'eau sucrée.*

Il ajoute :



– M. : *On a observé des échanges, sans jamais que les liquides se mélangent. Au bout d'un temps, L1 est un peu sucré, et L2 l'est moins.*

Il termine :



– *C'est le sucre qui est passé.*

– M. : *Et ils ne se sont pas mélangés.*

(...)

– *C'est comme l'huile et le vinaigre.*

– *Non. Eux, ils se mélangent.*

– M. : *Et ils ne sont pas séparés par une membrane.*

(...)

– M. : *Alors ? Réfléchissez bien. Où se font les échanges ?*

– *Quand les vaisseaux sanguins sont très près.*

- M. *Oui. Et les échanges ont lieu entre quoi et quoi ?*
  - *Entre le sang de la mère et celui du bébé.*
- Etc.

**Le parcours** est donc :

- lecture du premier texte. Obstacle cognitif.
- lecture du second texte.
- explication orale du maître et schéma explicatif accompagnant le discours.
- explication orale, en dialogue, des échanges mère-embryon, en référence au second texte, au schéma et à l'explication du maître.

#### 4. COMPRENDRE EN AGISSANT SUR ET EN PARLANT DES SCHÉMAS

Nous venons d'essayer de montrer que la compréhension d'un processus **procède souvent de parcours d'enchaînements, de dialogues** entre lecture de textes, de schémas, échanges et explications orales, l'oral, de plus, commentant, interprétant, évaluant textes et schémas.

Ces parcours, ces enchaînements, ces dialogues ne sont ni typiques, ni exhaustifs. Ils se veulent seulement exemplaires. Ils ont pour origine, bien évidemment, le maître, et il y joue un rôle central.

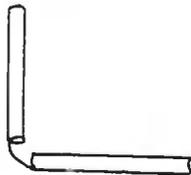
C'est lui aussi qui met en place l'action et le discours sur les schémas et les modèles. Il les régule de sorte que se déploie **la dynamique de l'interaction et de l'interlocution.**

##### 4.1. Action sur les schémas et les modèles

Nous revenons dans le CM2 Châteaudun, au moment où des modèles réduits du système bras-avant bras ont été réalisés à partir des schémas prospectifs des élèves.

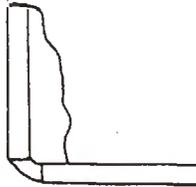
On passe aux **essais** sur un dispositif réalisé par un élève, puis sur un autre dû à la maîtresse.

L'élève montre deux tubes de carton qu'il a reliés par un petit morceau de cordon.



- Ça, c'est le bras. Et ça, l'avant-bras. Ici, ça tient comme au coude.
- M. : Bien. Qu'est-ce qui manque ?
- La chair.
- M. : Oui. Mais, pour que ça bouge ? Sur ton montage, qu'est-ce qu'il faut ajouter ?
- L'élastique.
- M. : En voilà. (Lui donne des lanières de chambre à air.) Où va-t-on les mettre ?
- Je les mets là. Je viens jusque-là.

Il montre les deux extrémités et fixe une lanière.



- M. : Bon. Maintenant, je veux le plier. Qu'est-ce qu'on fait ?
- On le roule.

La maîtresse roule l'élastique.

- Ça marche.
- C'est pareil.
- M. : Bien. Mais, maintenant, je veux l'allonger.

L'élève qui tenait l'avant-bras lâche tout.

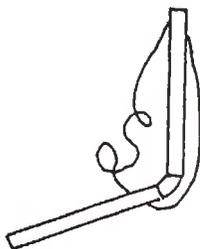
- Ça tombe !
- C'est pas comme ça.
- Pas si vite !
- Y en a un autre en dessous.

Ils actionnent et tâtent leur bras.

- Il faut en mettre un en dessous.
- M. : Oui. Qui le fait ?

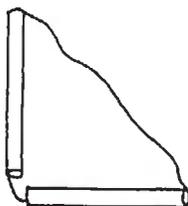


- M. : *Bien. Contracte-le, celui-là, qu'on appelle triceps.*

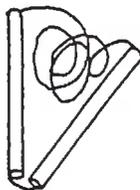


Rires.

- *Y a pas de coude !*
- M. : *Oui. Je n'ai pas su le faire. Mais... dites... est-ce qu'ils se contractent tous les deux en même temps ?*
- *Non.*
- *L'os casserait.*
- *Il exploserait.*
- (...)
- *Ils se contractent l'un après l'autre.*
- *L'un ou l'autre.*
- *Pas les deux en même temps.*



- M. : *Bon, le muscle, il fait quoi ?*
- Autre E. : *Il se gonfle.*
- Autre E. : *Et il se détracte.*
- M. : *Il se gonfle. Il se contracte, puis il se relâche. Mais avec l'élastique ?*
- *On peut le faire rouler.*
- *C'est une idée. Je vais le faire.*



Les élèves constatent que *ça marche*. **Deux questions restent à aborder.** Celle du point d'attache réel du biceps sur l'avant-bras. Celle du rôle du triceps, qu'aucun élève n'a mentionné jusqu'à présent.

La maîtresse conduit les élèves à revenir à la question de l'attache du biceps **en comparant le modèle réduit à un bras.**

- M. : *Si je mets mon bras à côté, est-ce que c'est pareil ?*
- Nombreux E. : *Non.*

Ils actionnent et tâtent leur propre avant bras.

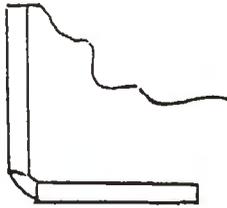
- *C'est par là !*
- *Ça va pas.*
- *Faudrait l'attacher là.*

Il montre le bon endroit sur le montage.

- M. : *Oui, c'est ça. C'est là que le biceps est attaché.*

Le **modèle réduit** réalisé par la maîtresse va servir à matérialiser correctement ce point d'attache et à poser le problème du triceps et de son rôle.

- M. : *On va voir sur un autre montage que j'ai fait, moi aussi. Ça, se sont les ligaments. Je prends un élastique pour le biceps. Je l'agrafe ici, en haut du bras.*



- M. : *Et l'autre bout ? Qui vient l'agrafer ?*

Un élève le fait.

On pourrait penser que les représentations iconiques **montrent** la disposition spatiale des éléments, et que les manipulations, les expériences **font comprendre** les processus. Le **jeu** entre elles **est plus complexe**. En effet, les manipulations, les expériences ont, pour l'essentiel, lieu **sur des images** : modèles réduits, schémas de ces modèles, qui sont des représentations des conceptions qu'ont les élèves de l'anatomie du système et de son fonctionnement. C'est pourquoi la critique et la rectification des images procèdent de **et** provoquent l'évolution des conceptions.

On pourrait aussi penser que le langage ne sert qu'à formuler ce que les images et l'action ne permettent pas d'expliquer. En fait, **le discours explicatif a aussi d'autres rôles**. Le verbal **ajoute, commente, critique, interprète... le non verbal**. Il dessine un espace d'interlocution, de confrontations, de compléments, etc... qui est le lieu des progrès de l'intellection, des "sauts qualitatifs"

dans la compréhension du phénomène (point d'attache du biceps, rôles de celui-ci et du triceps,...). Par ailleurs, et dans cet espace, le discours réfère aux images et aux actions, mais aussi **redonde avec elles, les reformule, assure le passage d'un objet à un autre** (élastique, muscle), et **modalise** ("Faudrait..." ; "On peut..." ; "Il faut..." ; "Il exploserait...").

#### 4.2. Le discours sur les schémas

Nous voudrions illustrer par quelques exemples le fait que la compréhension d'un phénomène, d'un fonctionnement peut progresser par une **analyse critique des représentations** y ayant trait, et **par le discours qui les prend comme objet**.

Dans la même classe, on étudie maintenant les organes des sens. Les élèves font, par groupes, des expériences sur l'œil et la vision.

Ils ont rédigé un compte rendu explicatif.

Un porte-parole de chaque groupe rend compte ensuite à tous de l'expérience réalisée. C'est Thomas qui parle pour le groupe d'Adeline.

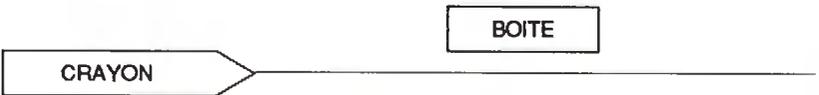
– Th. : *Alors, on a trouvé que, quand on vise un objet avec un œil, et qu'on le ferme, et qu'on prend l'autre, on ne voit pas la même chose. Par exemple... Je peux le dessiner.*

Il dessine au tableau :



– Th. : *On faisait attention à être bien dans la trajectoire. Puis on change d'œil.*

Il dessine en dessous :



– Th. : *On a fait bien attention de ne pas bouger le crayon. Tout est pareil.*

– Non !

– Elle a bougé.

– Ta boîte, elle a bougé.

– M. : *Thomas, ta boîte avait bougé ?*

– Th. : *Non. C'était pareil.*

Thomas est *déconcerté*. Il regarde son schéma.

– Th. : *Elle a pas bougé.*

– M. : *Alors, ton schéma...*

– Th. : *Elle a pas bougé.*

– C'est pas elle.

– Th. : *C'est pas la boîte qui a bougé.*

– M. : *Alors, qu'est-ce qui a bougé ?*

Thomas réfléchit. Enfin, soulagé :

– Th. : *C'est la vision !*

Il modifie son second schéma :



Il ajoute, en se retournant vers ses camarades et en s'accompagnant d'un geste :

– Th. : *Ou bien en dessous.*

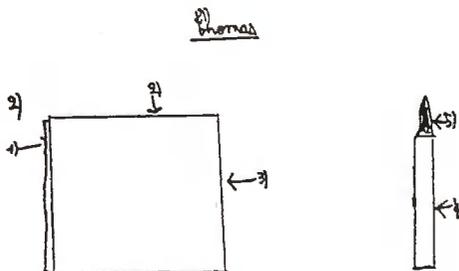
**La critique du schéma a porté sur l'inadéquation entre celui-ci et le réel.** Plus exactement, le schéma représentait le réel apparent resté en mémoire, ce que le texte du groupe précisait bien : *Le crayon n'est, apparemment, plus dans la direction de la boîte. Mais c'est faux, car ce n'est qu'un effet d'optique.* Le rappel, dans l'échange, du réel objectif (*La boîte n'a pas bougé.*) conduit Thomas à comprendre ce qui a changé et à rectifier son schéma.

Cependant, la représentation de "la vision" par une ligne va bientôt constituer un obstacle à la compréhension du phénomène de l'inversion de l'image rétinienne, pour le même groupe, et, singulièrement, pour Thomas.

Tous les élèves ont fait l'expérience suivante. On met une bougie allumée à une courte distance d'une boîte cubique en carton. Le côté qui fait face à la bougie a été percé d'un trou avec une pointe de compas, en son milieu. Le côté opposé a été enlevé et remplacé par un plastique transparent. Quand on est en face de celui-ci, on voit la bougie à l'envers.

Chaque groupe est, ensuite, invité à schématiser ce qu'il a constaté et à essayer d'expliquer par écrit.

Dans le groupe d'Adeline, c'est Thomas qui réalise le schéma et rédige l'explication.



plastique = 1) boîte = 2) – trou de compas = 3) ; bougie = 4) – flamme

Explication : on regarde à travers le plastique et on voit la bougie à l'envers. C'est à cause du plastique.

Les autres élèves du groupe lui demandent à plusieurs reprises s'il a terminé, s'il n'a rien à ajouter. Il maugrée, n'est visiblement pas satisfait, mais n'ajoute rien. Les autres non plus.

Quand il va au tableau, il reproduit son schéma et écrit en dessous son explication.

– M. : *Où se forme l'image ? Mets ton doigt à l'endroit.*

Thomas met son doigt sur le trou.

– Non. C'est au fond.

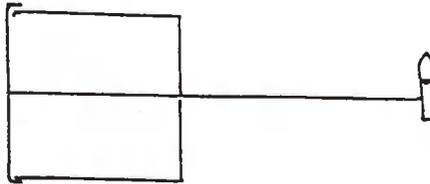
– M. : *Où est le plastique transparent ?*

Thomas le montre.

– M. : *Et l'image, où est-elle ?*

– Th. : *Sur le plastique.*

Il complète son schéma.



– M. : *Bon. Mais pourquoi est-elle à l'envers ?*

– Th. : *C'est à cause du plastique.*

Plusieurs élèves approuvent.

– M. : *Vous l'avez tous constaté ?*

– Plusieurs : *Non ! C'est pas vrai.*

– M. : *Virginie, explique ce que tu veux dire...*

Virginie va au tableau et lit le texte de son groupe. "(...) Même si on change d'intercalaire, la flamme est toujours à l'envers, et même si on change le côté (= si on le retourne) la flamme est toujours à l'envers. (...)

– M. : *Alors, Thomas, c'est à cause du transparent ?*

– Th. : *Oui.*

– M. : *Mais eux, ils l'ont changé.*

– Et changé de côté.

– M. : *Oui. Et c'est toujours à l'envers. Alors ? Où est-ce que l'image se met à l'envers ?*

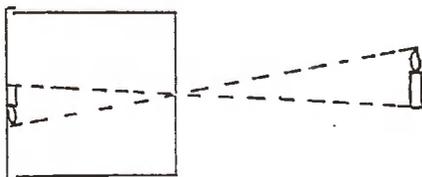
– Th. : *Au trou.*

– M. : *Ah, peut-être. Comment comprendre ? Regardez le schéma.*

– Il faut faire le chemin.

– M. : *Le chemin... Viens au tableau et trace le chemin.*

L'élève dessine :



- *Ça s'est croisé !*
- M. : *Oui. La lumière, elle a seulement un petit trou...*
- *Ah oui, elle est obligée !*
- *Les rayons se croisent.*
- M. : *Oui. Alors, c'est à cause du plastique ?*
- Plusieurs, dont Th. : *Non.*

L'explication de Thomas est donc écartée par le rappel des essais du groupe de Virginie qui visaient justement à tester cette hypothèse. Mais **c'est la rectification de la représentation schématique** de la propagation de la lumière, le remplacement du tracé rectiligne par un faisceau, **qui permet d'expliquer l'inversion de l'image.**

## 5. LIRE DES SCHÉMAS, ÇA S'APPREND

Nous voudrions terminer en nous centrant sur **les codages en œuvre** dans les schémas (sur quelques-uns), et en montrant que leur apprentissage, leur analyse, en classe, sont nécessaires à la compréhension des schémas eux-mêmes.

Le CM2 Bapaume en est à l'étude de la période embryonnaire. Le maître distribue le document 14.

**Document 14 : PRINCIPALES ÉTAPES DU DÉVELOPPEMENT**  
 1. Période embryonnaire

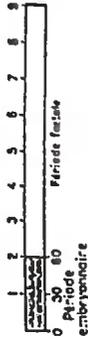
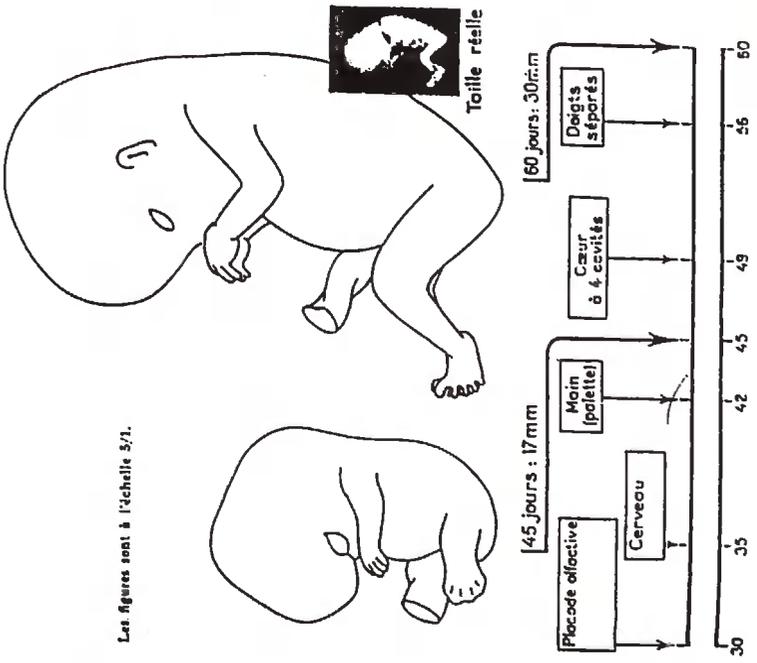
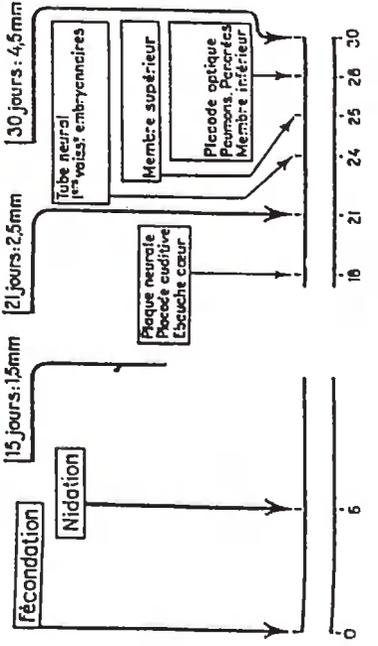


Fig. 1

Malgré sa courte durée, la période embryonnaire est fondamentale puisque l'embryon acquiert sa forme presque définitive (morphogénèse) et édifie ses principales ébauches organiques (organogénèse). Pendant la longue période fœtale qui lui succède, les organes ne subiront pratiquement que des phénomènes de maturation (histogénèse).



Les figures sont à l'échelle 5/1.



Après un premier balayage :

- M. : *Expliquez-moi comment le document est construit, fabriqué.*
- *Tout en bas, il y a le temps.*
- *L'échelle.*
- *Après, il y a des flèches pour montrer la période où on est.*
- *C'est par étapes.*
- *Et il y a l'échelle.*
- M. : *L'échelle de quoi ?*
- *Du temps.*
- M. : *Donné sous quelle forme ?*
- *En jours.*
- *En millimètres.*
- *Non, Ça, c'est la taille. Le temps, c'est en jours.*
- (...)
- M. : *Et quelle est l'utilité de la petite photo, à droite ?*
- *Ça donne la taille réelle.*
- *C'est ce qu'on voit dans une échographie.*
- (...)
- *Parce que les schémas sont grands.*
- *Ils sont grossis.*
- (...)
- *Y a l'échelle.*
- *C'est 5/1.*
- M. : *Qu'est-ce que ça veut dire ?*
- *C'est grossi cinq fois.*
- (...)
- *Ben... Alors, c'est pas grand chose, ce qu'elles ont dans le ventre, les femmes, à deux mois. Ma mère, elle est enceinte de trois mois, et elle est grosse...*
- *Mais c'est pas pour ça !*
- (...)

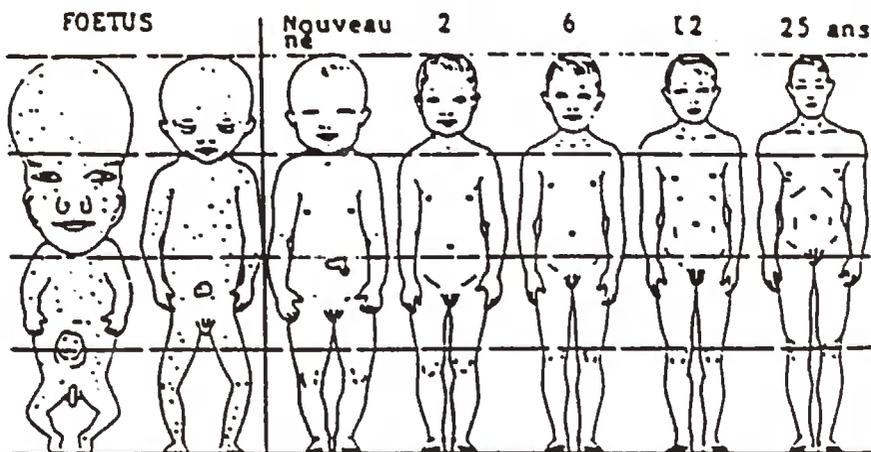
On voit que se réinvestissent des savoirs antérieurs, venus en partie d'ailleurs, surtout, ici, des mathématiques et de la cartographie.

Cependant, de tels savoirs peuvent, au moins dans un premier temps, se révéler **inopérants quand la représentation n'utilise pas le codage qui leur est habituel**, que les élèves connaissent bien. Ne reconnaissant pas ce codage, ils ne mobilisent pas immédiatement les savoirs correspondants, alors qu'ils les ont pourtant bien en mémoire.

Dans la même classe, on a franchi l'étape de la naissance et du développement postnatal. Les élèves ont, par ailleurs, étudié indépendamment, en mathématiques, les grandeurs proportionnelles.

Le maître distribue le document 15.

## Document 15



Changement des proportions du corps au cours de la croissance, avant et après la naissance. Sept stades ont été dessinés, en les ramenant à la même hauteur totale pour faciliter les comparaisons. De gauche à droite : fœtus de 2 mois, fœtus de 4 mois, nouveau-né, enfant de 2 ans, enfant de 6 ans, enfant de 12 ans, homme de 25 ans. On voit que la tête est relativement de plus en plus petite (depuis la moitié de la longueur totale du corps, chez un fœtus jeune, jusqu'à un huitième de cette longueur chez l'adulte) et que les jambes sont de plus en plus longues.

Cris d'horreur :

- La tête !
  - Un monstre !
- Etc.

Le maître ramène le calme et incite à regarder de près le document.

- La tête, elle est de plus en plus petite.
- M. : Ah ? L'autre jour, j'ai vu J. (fillette de la classe) qui portait son petit frère. Eh bien, sa tête à elle, elle plus grosse que celle de son frère.
- Oui. C'est parce qu'on les voit de plus en plus loin.
- C'est la perspective.
- Non. Ils sont tous dessinés pareil.
- À la même hauteur.
- Alors, elle paraît plus petite à la fin.
- M. : Proportionnellement. C'est proportionnellement à la taille.

Quand, par contre, le codage est familier, est associé en mémoire à la notion, l'interprétation est immédiate, même si ce codage est entièrement abstrait. (C'est, en partie, le caractère figuratif du codage qui a fait obstacle ci-dessus.)

Document 15 : P. Rigal, *Motricité humaine*, Coll. Vigot, Presses universitaires de Québec.

Immédiatement après, le maître distribue un document qui associe un tableau des tailles et poids moyens à partir de la naissance, et deux courbes (tailles, poids) avec moyennes et écarts-types.

Au premier coup d'œil, les élèves reconnaissent de quoi il s'agit, ce qui est indiqué sur les axes, les unités employées. Ils disent :

- *C'est pas proportionnel.*
- *Non. La ligne n'est pas droite.*
- *Et ça passe pas par l'origine.*

Ils repèrent bien la moyenne et ajoutent que les hachures (les écarts-types), *c'est les normes. Au-delà, c'est les exceptions.* Certains disent en être une, ou en avoir dans leur famille...

## CONCLUSION

La figurabilité des schémas scientifiques, si elle permet de représenter visuellement des constructions mentales, des modèles, est, par là même, source de problèmes en classe? Un double travail doit être entrepris pour que les élèves construisent la signification des schémas : une analyse des transformations subies par le représenté, une analyse des traits de la représentation, en se replaçant dans le contexte du discours scientifique.

La signification des schémas se construit souvent par comparaison, par référence à une gamme de représentations imagées, et **l'interlocution** est l'espace de l'expression et de la discussion des découvertes sémantiques et sémiotiques.

L'explication, la compréhension des phénomènes, des processus nécessitent également souvent de faire parcourir aux élèves **des trajets**, parfois complexes, des schémas aux textes écrits, via l'interlocution et les reformulations, les explications orales. Il y a non seulement **complètement** des uns par les autres, mais aussi, et peut-être surtout, **redondance, reformulations** qui se répondent et s'éclairent mutuellement. **Le discours verbal schématise**, lui aussi, **propose** (c'est-à-dire pose devant) **un schéma du monde** (GRIZE, 81 ; DUCANCEL, 91 b), et les changements de cadre, de codes et de mode d'allocution sont ce qui permet de construire la signification des schémas et des textes oraux et écrits.

C'est également le langage qui **commande** et qui **commente** l'action sur et l'évaluation des schémas. Il dessine un espace d'interlocution dans lequel il est **performatif** au plan cognitif : **comprendre, c'est alors, exactement, dire, proposer.**

C'est lui, enfin, qui permet, en vue de lever l'implicite, **l'analyse** et la **compréhension des codes** à l'œuvre dans les schémas, d'en formuler les règles de fonctionnement et les effets de sens.

Ces **enchaînements, ces articulations** entre explications verbales et non verbales en classe de Sciences (DUCANCEL, 91 b) semblent **le facteur déter-**

minant de l'acquisition des connaissances par les élèves. LAVARDE (92), à l'issue d'une recherche sur les schémas en Sciences, à l'école, sur la circulation sanguine, conclut au caractère limité de leur apport. Ils faciliteraient la mémorisation de l'organisation de l'appareil circulatoire, mais n'apporteraient guère à celle des capillaires et du système lymphatique. Au delà des problèmes de figurabilité, dont nous avons parlé, on peut se demander si cette inefficacité relative ne tient pas au fait que, pour cerner le rôle des schémas, on les a, dans le protocole expérimental, isolés du verbal. Les constats empiriques que nous avons présentés ici, relayés par d'autres constats empruntés à notre expérience de formateurs, soutiennent cette interprétation.

Il reste que les recherches sur les interactions entre schémas et discours oraux et écrits sont insuffisamment nombreuses et développées. Elles pourraient s'appuyer, en particulier, sur des analyses d'élaboration de schémas et de modèles, en situation de recherche, par les élèves, en fonction de leurs représentations mentales. Elles permettraient de mieux comprendre les progrès et les difficultés de ceux-ci, et des maîtres, dans les séquences scientifiques. Elles permettraient aussi d'étayer des actions de formation didactique et interdidactique sur ce thème, dont on ne peut que déplorer la rareté.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aster, (1988) : "Les élèves et l'écriture en sciences". N° 6- INRP.
- ASTOLFI, J.-P. et coll. (1988) : "Aspects de la schématisation en sciences", dans *Bulletin de Psychologie*. N° 386.
- CLAVERIE, J.-M., (1993) : "Images et concepts. Point de vue d'un biologiste", dans *Alliage*. N° 15.
- DROUIN, A.-M., (1987) dans *Aster* : "Communiquer les sciences". N° 4. INRP.
- DUCANCEL, G. et coll., (1980) : "Une innovation dans la formation de futurs professeurs de Sciences Naturelles", dans *Revue Française de Pédagogie*. N° 51. INRP.
- (1991. a) : "Expliquer à l'oral, à l'écrit, en sciences. (CM 1 et 2)" dans *Repères* : "Articulation oral/écrit". N° 3 - INRP.
- (1991-b) : *Didactique des conduites et des discours explicatifs en classe de sciences au CM*. Université Paris V. Non publié.
- ECO, U., (1970) : "Sémiologie des messages visuels", dans *Communications* N° 15.
- GINSBURGER-VOGEL, Y., (1988) : "Des manuels pour apprendre". Coll. *Rencontres pédagogiques*. N° 23 - INRP.
- GIORDAN, A., et MARTINAND, J.-L., (éd.), (1984) : *Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifiques*. VIèmes journées internationales sur l'éducation scientifique. Chamonix. Actes : UFR Didactique des disciplines - Université Paris VII.

- GRIZE, J.-B., (1981) dans *Centre de Recherches Sémiologiques : Le discours explicatif - 1ère partie*. N° 38 : Université de Neuchâtel.
- HOST, V., (1980) : "Les opérations intellectuelles dans les activités d'éveil scientifiques", dans *Repères* N° 58. Ouvr. cité.
- INRP, (1976) : "Activités scientifiques - IV. Initiation biologique". Coll. *Recherches pédagogiques*. N° 86.  
(1983) : "Éveil scientifique et modes de communication", *id.* N° 117.
- JACOBI, D., (1984) : "Figures et figurabilité de la science", dans *Langages*. N° 75.  
(1991) : "Peut-on transmettre des connaissances scientifiques au grand public ?" dans CHOFFEL-MAILFERT, M.-J., et ROMANO, J., : *Vers une transition culturelle*. Presses Universitaires de Nancy.
- JOSSEME, J., (1983) dans INRP (83). Ouvr. cité.
- LAVARDE, A., (1992) : *Contribution à l'étude de la schématisation dans l'enseignement de la circulation sanguine*. Thèse. Université Paris VII. Non publié.
- LIEURY, A., (1991) : "La confusion des codes symboliques", dans *Cahiers pédagogiques*. N° 291.
- MOLES, A., (1991) : *L'image ; communication fonctionnelle*. Casterman.
- Repères, (1980) : "Interdisciplinarité Français - Activités scientifiques". N° 58 - INRP.
- RUMELHARD, G., (1988) : "Statut et rôle des modèles dans le travail scientifique et l'enseignement de la biologie", dans *Aster* N° 7. INRP.
- YZIQUEL, M., (1986) : "Les avatars du schéma", dans *Repères* : "Les «dits» de l'image". N° 68 - INRP.