

L'ÉLÈVE, UN INTERPRÈTE PROFESSIONNEL

Marc Weisser

Comment la théorie des obstacles épistémologiques de Bachelard se traduit-elle quand on s'intéresse non pas à la création du savoir par le chercheur, mais à sa (re-)découverte par chaque élève ? Nous proposons une lecture des apprentissages en sciences expérimentales à la lumière de la notion d'interprétant, due au sémiologue américain Ch. S. Peirce.

Du décodage des consignes de travail au décodage des phénomènes expérimentaux eux-mêmes, l'apprenant se livre à un intense travail d'interprétation de tous les signes, de tous les messages qu'il perçoit.

L'explicitation des systèmes sous-jacents dans lesquels s'originent ces processus sémiotiques conduit à une approche unifiée s'agissant du traitement de l'erreur et, de façon plus générale, à une réflexion d'ensemble sur la modélisation.

1. DES OBSTACLES ÉPISTÉMOLOGIQUES AUX CHAÎNES D'INTERPRÉTANTS

"Avant tout, il faut prendre conscience du fait que l'expérience nouvelle dit non à l'expérience ancienne, sans cela, de toute évidence, il ne s'agit pas d'une expérience nouvelle."
(Bachelard, 1940, p. 9).

du chercheur
à l'élève

De cette affirmation de la rupture entre savoir présent et savoir à concevoir naît la notion d'obstacle épistémologique qui nous occupe ici. Il nous appartient cependant d'examiner en quelle mesure la réflexion de Bachelard traitant de la constitution du savoir scientifique se transpose dans le cadre scolaire. En effet, Bachelard s'attache à l'évolution de la connaissance d'un paradigme à l'autre, alors que ce qui nous intéresse, c'est sa (re-)découverte par chaque sujet singulier. Deux différences marquantes sont à signaler :

- les élèves disposent de capacités cognitives moins sophistiquées que les chercheurs (leurs savoir-faire méthodologiques sont eux aussi en cours de constitution) ;
- on leur enseigne un corpus préexistant (l'aspect découverte n'existe qu'aux seuls yeux de l'apprenant).

C'est ce dont nous essaierons de tenir compte après un rappel des idées de Bachelard, en essayant de les adapter aux situations d'apprentissage et de les relire à la lumière de la sémiotique de Charles Sanders Peirce.

1.1. Origine et devenir des obstacles épistémologiques

En didactique des sciences moins qu'ailleurs, l'élève ne peut être considéré comme une table rase ; et lors des premières leçons d'électricité au Cycle 3 (voir ci-après), il n'est pas un néophyte en la matière : il n'a pas 8 ou 9 ans, il a l'âge de sa "culture scientifique", qu'elle soit d'origine familiale ou qu'elle résulte d'expériences ou d'observations, de lectures personnelles.

on n'apprend pas qu'à l'école...

Ce premier ensemble de connaissances s'acquiert hors de toute tentative de systématisation, de mise en ordre. Construites à l'occasion d'expériences fortuites, traces de "ce qui a réussi" en réponse à telle ou telle situation de la vie quotidienne, ces connaissances restent transparentes aux yeux du sujet qui les possède. Elles ne présentent aucun caractère conscient, explicite ; elles n'ont pas été abstraites des circonstances de leur émergence, elles **sont** la situation qui les a engendrées. Les relations entre ces informations éparses demeurent fluctuantes.

De par leur aspect évident, les connaissances non-scolaires de l'élève ne sont pas conçues en tant que **représentant** des faits, en tant que signes, mais en tant que la réalité elle-même. C'est le règne de l'univocité et en un sens de l'exhaustivité, de l'adhérence de ce que l'on dit à ce dont on parle.

Ce savoir non-questionné parce que non-questionnable constitue une source première et durable d'obstacles épistémologiques de toutes sortes.

Seule une nouvelle expérience dont la solution n'appartient pas au répertoire usuel entraîne la modification de la structure cognitive initiale. Deux formes se distinguent nettement :

mais seule l'école apprend à apprendre

- soit cette expérience est du type habituel, c'est-à-dire laissée à l'initiative du hasard, individuelle ou du moins concernant des sujets tous immergés dans la situation ;
- soit elle relève d'une décision didactique et alors
 - . ses caractéristiques résultent d'un choix intentionnel,
 - . et ses effets font l'objet d'une évaluation par un sujet, en un certain sens, hors de la situation et disposant d'un savoir d'un niveau supérieur dans ce domaine.

Ce n'est qu'à cette condition que, sous le regard exigeant d'autrui, l'individu se fera apprenant, en d'autres termes construira un savoir explicite et par la suite susceptible d'être décontextualisé, transféré de façon consciente et contrôlable.

Le dépassement de l'obstacle épistémologique résultant d'une connaissance non-questionnée consiste donc en un repentir intellectuel selon Bachelard. Un savoir nouveau prend la place de l'ancien, au bénéfice d'un champ de vali-

dité plus large et en général d'une explicitation accrue de son contenu informatif et de ses modes d'application.

1.2. La question du sens

Les idées de Bachelard sont cependant trop souvent conçues de façon manichéenne : *"il convient de bannir les représentations initiales pour les remplacer par des définitions strictement scientifiques."*

apprendre
"à partir de"

En didactique des sciences, on préfère s'appuyer sur ces préreprésentations : c'est le mode d'apprentissage allostérique préconisé par Giordan et De Vecchi (1987, p. 170). Elles deviennent des points d'ancrage dont il va falloir tenir compte en visant leurs modifications. En effet, l'acquisition de savoirs nouveaux n'est autorisée que par l'existence de possibilités de relations à établir entre ce qui est à apprendre et les idées déjà présentes dans la structure cognitive de l'élève.

Il s'agit donc de savoir comment l'apprenant attribue un sens à ce qu'il perçoit (informations en provenance de la situation expérimentale, du maître, de sources documentaires) en fonction de ce qu'il sait déjà.

Nous proposons pour cela une lecture des actes d'enseignement à travers la sémiotique de Peirce (1978). Pour lui, il existe dans l'esprit du récepteur d'un message une action qui implique la coopération de trois constituants : un signe, son objet, son interprétant (p. 121), action qu'il nomme sémosis. L'interprétant est le signe ou l'ensemble de signes créé chez le destinataire par la perception du signe ou de l'ensemble de signes émis par le locuteur. Cet interprétant représente son objet selon le point de vue, la pertinence au sein de laquelle se situe l'échange en cours.

les chaînes
d'interprétants

Ce qui nous semble éclairant dans cette théorie, c'est qu'elle prévoit que tout interprétant est lui-même un signe, donc interprétable à son tour et ainsi de suite (p. 126). Le discours va de la sorte s'élargissant, se précisant, en déployant l'implicite contenu dans le message-signé initial ; et sa limitation dépend alors des injonctions de l'émetteur perçues dans la situation vécue (consignes magistrales par exemple), mais aussi des possibilités, de la richesse cognitive du récepteur.

Tout interprétant nous apprend ainsi quelque chose de plus que le signe qu'il interprète, à propos de l'objet dont il est question, par un processus de sémosis illimité : *"La communication - à travers un système de commutations continues et en renvoyant d'un signe à l'autre - délimite d'une manière asymptotique - sans jamais y "toucher" - ces unités culturelles qui sont continuellement posées en tant qu'objet de la communication."* (Eco, 1972, p. 67).

Nous assistons par l'expansion de ces chaînes interprétatives à la mise en place de nouvelles relations, à l'interconnexion d'éléments épars contenus dans le champ du savoir

le signe
m'en apprend
toujours un peu
plus que ce que
je savais déjà !

étudié lors d'une séquence didactique. Nous pouvons en particulier avancer l'hypothèse qu'il n'existe plus dans cette optique d'équivalence entre la définition - considérée comme la classe des interprétants "scientifiques" ou rationnels - et le défini et que par conséquent les signes en général ne présentent aucun caractère d'univocité mais correspondent plutôt à un fil directeur **autour** duquel se produit l'échange.

On ne s'étonnera donc pas que nous ne considérons pas les comportements des apprenants selon le paradigme behavioriste en stimulus-réponse, comme résultant de processus de régulation **automatique** (Peirce, 1978, p. 128), mais plutôt en tant que traces observables d'actes mentaux **intelligents** relevant de chaînes sémiotiques plus ou moins étendues selon le sujet.

Comment selon cette pertinence prendre en compte les obstacles épistémologiques ? Quelle que soit leur origine et même s'ils ne sont pas tous équivalents d'un point de vue scientifique, ils vont à chaque fois être traduits en signes (au sens très large : oral, écrit, dessin, ...) par l'apprenant à travers la production d'un interprétant qui les représente.

Cet interprétant pourra alors être considéré et traité par des outils issus de la sémiologie (notions de sous-entendus, de codes, etc.), dans le but toujours de favoriser son chaînage, sa mise en relation avec d'autres informations aussi bien sur le plan intra-personnel qu'inter-personnel dans les moments de débat.

le rhizome :
richesse et
disponibilité
du champ
interprétatif

L'approche sémiologique nous amène par là-même à ne plus concevoir l'acte d'apprendre comme un perpétuel repentir intellectuel, et à préférer à l'image de la rupture et de la ligne brisée celle de la restructuration cognitive et du rhizome : les représentations initiales des élèves et le savoir acquis à la suite d'une séance d'apprentissage ont le même statut aux yeux des apprenants, même si l'on effectue un saut qualitatif ; il n'y a pas de différence de nature entre ces deux types de contenus cognitifs. Du point de vue du sujet parlant engagé dans une démarche d'acquisition, de (co-) production du savoir, le passage d'un état de connaissance à un autre se traduit par l'apparition de nouvelles chaînes signifiantes, d'interprétants inédits pour lui qui en remplacent de plus anciens, de moins sophistiqués. Mais qui appartiennent tous à ce même plan de la communication verbale.

L'apprenant sera par contre entraîné au plan des métaconduites (cf. ci-dessous) à s'habituer à réarranger temporairement un domaine cognitif selon le mode d'approche d'un phénomène, selon la discipline scolaire à laquelle s'intègre la leçon du moment, c'est-à-dire qu'on le mènera à accepter d'avoir présents à l'esprit successivement ou simultanément différents modèles interprétatifs à propos d'un même donné perçu.

Les paliers d'apprentissage préconisés par Giordan et De Vecchi (1987, p. 178) se retrouvent dans l'idée d'interprétants successifs se complexifiant. Ajoutons qu'ils ne sont pas forcément hiérarchisés s'ils appartiennent à des domaines différents du savoir.

1.3. Perception première et codes de reconnaissance

Muni de l'outil sémiologique, nous nous proposons de revenir à l'une des espèces d'obstacles épistémologiques distinguée par Bachelard (1938), à savoir celle représentée par les dangers de la perception première.

L'auteur nous enjoint de lutter contre *"le pittoresque de l'observation première [qui] remplace la connaissance par l'admiration, les idées par les images"* (p. 29), qui *"entraîne l'adhésion à une hypothèse non vérifiée"* (p. 36) du fait de la prégnance perceptive de quelques traits saillants : *"L'esprit doit se former contre la Nature."* (p. 23).

primauté
du perçu ?
primauté de
la signification ?

Interrogeons-nous pour savoir quelle est cette Nature : ce qui s'offre spontanément à nos sens ? Mais qu'est-ce qui est premier : la signification que nous attribuons à un phénomène ou la perception de ce phénomène ? Gardons-nous d'opter trop vite pour le second terme de l'alternative.

Dans son chapitre sur la sémiotique des codes visuels, Eco (1972, pp. 178-179) relève que seuls les aspects pertinents de ce que l'on a sous les yeux sont communiqués et que le dessin d'un cheval par exemple n'aura que très peu de points communs avec l'animal : *"Il existe donc un code iconique qui établit l'équivalence entre un certain signe graphique et un élément pertinent du code de reconnaissance."* C'est ce code de reconnaissance qui constitue la base de toute perception : un système socialisé d'attentes, d'hypothèses de lecture du perceptible. Le pluriel conviendrait mieux encore si l'on souligne que les codes de reconnaissance ne retiennent que les éléments différenciateurs : faire signe, c'est entrer dans un système d'oppositions, système qui varie selon les intentions, les besoins des interlocuteurs, plus encore que selon l'objet décrit.

la perception
comme lecture
orientée

Bachelard insiste sur la distinction entre variété et variation (1938, p. 30), la science ne se préoccupant que de cette dernière. Il nous est possible de compléter cette affirmation en disant que ce qui est variation à une échelle donnée devient variété aux yeux de celui qui recherche une précision plus fine et que par conséquent la perception puis le prélèvement d'informations au sein du perçu découlent d'hypothèses préexistantes, d'un modèle du réel qu'on s'est déjà donné, plus ou moins consciemment. L'homme du Moyen-Âge, influencé par son système d'attentes et sous l'emprise de circonstances favorables, aurait facilement pu "voir" une licorne, *"même si nous, nous pensons qu'il aurait seulement appliqué d'une façon erronée un de ses schémas conceptuels"*

à ce type de champ stimulant qui nous permettrait, à nous, de voir un cerf" (Eco, 1979, p. 170), et au chasseur un dorcors, et au naturaliste un individu mâle de l'espèce *Cervus Elaphus* (ou autre...) : à chacun son angle propre.

Nous ne cherchons pas à dire que l'approche scientifique et celle de la vie quotidienne sont semblables, mais que du point de vue de l'élève elles se valent et sont plus ou moins indifférenciées : la tâche de l'enseignant est de l'aider à mener cette réflexion de catégorisation des domaines de la connaissance, et des méthodes qui leur appartiennent en propre.

La perception n'est donc pas forcément "première", au sens où elle est sous-tendue par une conception du monde préalable. Elle n'est pas, en particulier, achevée quand commence l'interprétation, c'est-à-dire l'attribution d'une signification au perceptible ; nous avançons plutôt l'hypothèse d'un va-et-vient, certains événements étant promus au rang de signes à la suite d'une lecture antérieure et comme recherche de sa confirmation.

Il n'existe à cet égard aux yeux du récepteur (l'élève pour nous) aucune différence entre les messages d'origine sociale, qui sont d'emblée des signes, et les phénomènes naturels, ces derniers ne pouvant être pris en compte par l'esprit humain que si on les considère comme des signes. Toute perception est donc culturelle et s'inscrit étroitement dans un processus sémiotique. À ce titre, si la perception **peut** être chronologiquement première, elle n'est ni naïve, ni spontanée, elle n'est en aucune façon contact direct entre un sujet et la Nature : entre les deux s'insère toujours la médiation de codes socialisés.

Mettre à jour le modèle implicite qui est à l'œuvre chez un élève constitue l'étape initiale, pour le subvertir, le dépasser ensuite, c'est-à-dire pour franchir un obstacle épistémologique ; ce n'est pas qu'un code soit plus "naturel" qu'un autre, mais qu'on se trompe de code pour lire le phénomène. Il est vrai que certains d'entre eux sont plus familiers aux élèves et se présentent alors à eux comme les seuls possibles. À nous de tendre vers une plus grande diversité de ces codes, vers une prise de conscience de leur existence et enfin vers leur analyse plus précise : si l'attitude scientifique pousse l'élève à dégager la structure profonde commune à une classe de phénomènes par induction, le même élève a tout autant le droit, et même le devoir..., en séance d'expression écrite ou d'arts plastiques, d'être sensible au pittoresque, à l'exceptionnel.

Nous aimerions en résumé retenir que la construction du sens attribué à un phénomène ne s'opère pas seulement à partir du perçu mais aussi à partir de la structure cognitive du récepteur et ce à double titre :

les signes :
événements
sociaux ou
phénomènes
naturels

à chaque
intention
son code

- apport de contenus supplémentaires mémorisés qui confirment ou infirment les informations perçues ;
- apport d'un cadre intellectuel, d'un bornage de l'espace perceptible, d'une méthode d'organisation du perçu et des inférences qu'on en tire à partir d'un système d'attentes.

Le travail de l'enseignant consiste dès lors à repérer les codes implicites à l'œuvre chez l'élève, qui engendrent une interprétation erronée du phénomène, c'est-à-dire une interprétation qui n'est pas celle attendue par la pertinence dans laquelle on se place :

productions
absurdes,
productions
incomplètes

- soit parce que le code utilisé n'est pas le bon et débouche sur une production absurde, hors-sujet ;
- soit parce que, tout en ayant été choisi à bon escient, le code est imparfait, trop peu performant et mène alors à un résultat incomplet, d'un niveau conceptuel trop faible.

2. ILLUSTRATION : L'INTRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ AU CM1

Les analyses de séquences didactiques traitant de cette partie du programme de l'école élémentaire sont parmi les plus nombreuses (voir par exemple Sarrasin et Genzling, 1988, pp. 103-119 ; Astolfi, 1992, p. 78 et suite ; Johsua et Dupin, 1993, pp. 230-234 et pp. 316-320) ; nous aimerions juste en donner une interprétation dans le cadre défini ci-dessus.

2.1. Dépouillement des travaux

Nous avons mené la succession d'activités suivante dans un CM1 de 28 élèves (trois leçons : phases 1 et 2 ; phases 3 et 4 ; phase 5).

les consignes
initiales

1. Avant toute manipulation :
"Vous allez disposer d'une pile, de fils et d'une ampoule : dessinez le montage permettant d'allumer l'ampoule. Expliquez en quelques phrases."
2. Après réalisation de ce premier montage :
"Dessinez le montage que vous avez effectivement construit. Expliquez les ressemblances et les différences avec le premier dessin."
3. Avant réalisation du second montage :
"Que se passe-t-il dans les deux fils entre la pile et l'ampoule pour que l'ampoule s'allume ? Décrivez-le en quelques phrases puis représentez-le sur un dessin."
4. Après réalisation du second montage faisant appel successivement à un moteur, un buzzer et une DEL, trois composants mettant en évidence que le courant a un sens : mêmes consignes que ci-dessus en 3.
5. Troisième séquence, consacrée exclusivement à la production écrite / dessinée et au débat :

"Tu dois expliquer à un élève du CP ce qui se passe dans les fils électriques. Imagine une description facile à comprendre : l'électricité entre la pile et l'ampoule, c'est comme..."

(Cette dernière séquence sera analysée en conclusion de l'article.)

• Travaux 1 et 2

- Treize élèves proposent un montage exact dès leur première production, donc avant toute manipulation et s'en rendent compte puisque par la suite ils déclarent n'avoir rien à modifier pour le deuxième dessin.

- Les quinze autres se rallient à la solution exacte lors de la deuxième phase.

Voyons leurs erreurs initiales.

- Deux élèves : *"il faut absolument coincer les fils sous chaque languette"* : amélioration technique ou nécessité scientifique ?
- Quatre élèves : *"les deux fils doivent entrer en contact"* : des adeptes du court-circuit...
- Deux élèves : *"un seul fil sur une seule des languettes de la pile suffit"*.
- Un élève : *"les deux fils touchent la même languette"*.
- Trois élèves : *"les fils sont en contact avec le corps, voire avec l'intérieur de la pile, pas avec les languettes"*.
- Un élève : *"les languettes sont des leviers, les abaisser pour "tirer" du courant, les relever pour l'arrêter"*.
- Un élève : *"la pile s'insère dans le boîtier de la lampe ("celle qui est suspendue au plafond de ma cuisine" !) et permet le passage du courant domestique"*.
- Un élève : *"ça ne marche que si l'on dispose d'une lampe de poche"*.

• Travaux 3 et 4

- Deux élèves proposent l'idée d'un circuit orienté, dès la production n°3.

- Trois élèves ne se prononcent pas sur ce qui se passe dans les fils, ni en 3, ni même en 4.

- Vingt-trois élèves commencent par privilégier l'hypothèse des courants antagonistes ; dix d'entre eux se rallient ensuite à l'idée d'une circulation continue d'un courant unique, quatre autres campent sur leurs positions, six autres ne proposent plus d'explication lors du travail n°4, ils ont été rendus perplexes par leurs expériences..., et les trois derniers pensent qu'il s'agit d'un problème de couleur de fils exclusivement.

2.2. Analyse de quelques cas

Quelle est, dans le cadre de la didactique des sciences expérimentales, l'utilité de la notion d'interprétant au sens de Peirce ? Nous dirons qu'elle a une vertu unificatrice, en ce

les productions
écrites : piles et
ampoules

les productions
écrites : le circuit

l'interprétant :
une notion
unificatrice

qu'elle permet de prévoir et de lire à la fois des erreurs résultant d'une mauvaise prise en compte de la coutume didactique propre à la classe, et des erreurs qui s'originent au contraire dans une compréhension du concept étudié marquée par un niveau inférieur à celui qu'exige la situation expérimentale.

Quelles que soient les causes de l'erreur, le comportement de l'apprenant reste inchangé : à l'aide d'un code qu'il se donne, il organise sa perception des phénomènes. Dans la première optique, le problème se situe au plan de la consigne ; dans la seconde, à celui des supports à proprement parler. Le code à travers lequel le perceptible est pris en compte contient déjà en germe la structuration future du savoir produit par l'apprenant. Ainsi, dans une perspective de remédiation, il convient d'agir autant sur ces facteurs préexistants de bornage et de mise en forme de l'espace-problème, que sur le donné lui-même.

• *Interprétations erronées des consignes*

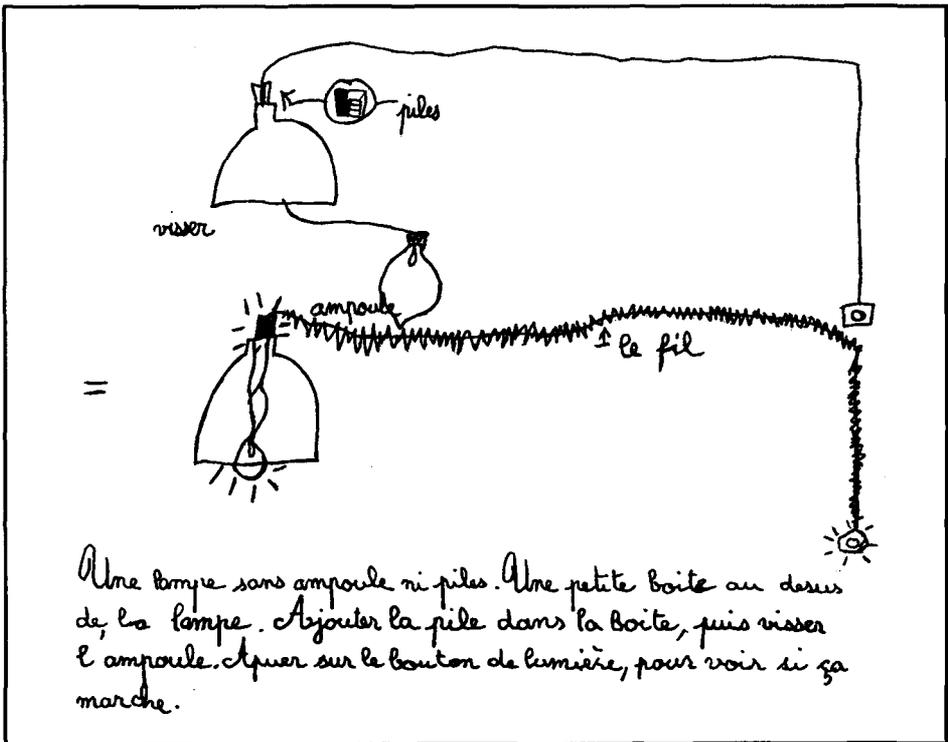
détournement
des consignes
initiales

Revenons sur les deux élèves qui faisaient intervenir des objets domestiques lors du travail n°1 (dessin préalable du circuit pile-ampoule) : l'un parlait d'une lampe de poche, l'autre de la lampe de sa cuisine, ustensiles indispensables selon eux pour justifier l'utilisation de la pile et de l'ampoule (cf. documents 1 et 2). Ce sont les seuls qui ont "importé" des éléments supplémentaires, soupçonnant l'enseignant de leur tendre quelque piège en ne leur fournissant pas tout le matériel nécessaire. C'est une interprétation inappropriée du contrat didactique qui les a induits en erreur. On pourrait y retrouver l'une des maximes conversationnelles de Grice (1979, p. 61) - "*Que votre contribution contienne autant d'informations qu'il est requis, ni plus, ni moins.*" - qui aurait été enfreinte par le maître et rétablie implicitement au niveau des sous-entendus par ces deux élèves. Car il s'agit bel et bien d'une modification de la consigne initiale : le matériel décrit dans les instructions (cf. phase 1) est jugé insuffisant, l'énoncé magistral est considéré comme sciemment incomplet. Tout se passe au niveau de l'échange verbal, le message à visée didactique étant décodé puis critiqué : l'apprenant pense devoir remédier aux lacunes qu'il a cru constater par un apport d'informations puisées dans un registre extra-scolaire.

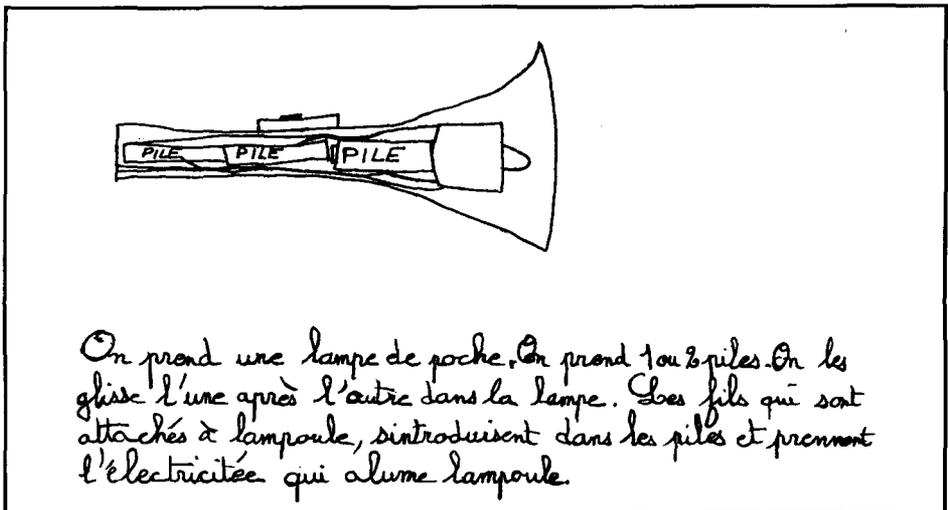
les rôles de
l'apprenant

Nous observons là une interprétation déplacée de la situation d'apprentissage par le biais des us et coutumes de la classe. Un élève lit un phénomène (scientifique) qu'on lui demande d'imaginer (travail n°1) ou qui s'est produit devant lui (travail n°2)

- soit comme un phénomène naturel, familier s'il se voit plutôt dans son rôle d'enfant, d'individu, et alors il fait appel à un **code** que nous pourrions baptiser "vie quotidienne" (cas décrits ci-dessus) ;



Document 1



Document 2

- soit comme un phénomène scientifique s'il joue son rôle d'élève, et alors il structurera sa réflexion selon d'autres **règles**, propres à l'institution scolaire puis de façon plus précise aux sciences expérimentales (schémas annotés, enchaînements logiques et / ou chronologiques) (cas "normaux").

Selon l'optique retenue, il interprétera son observation à partir de ses habitudes familiales, sociales, ou bien en s'appuyant sur ses savoirs déclaratifs et procéduraux antérieurs.

Aux yeux de la personne qu'est chaque écolier, ces différents codes d'interprétation puis les différents interprétants qui y sont prélevés ont même valeur d'adéquation (par rapport à la situation) et d'exactitude (par rapport au savoir).

• *Interprétations erronées des contenus*

Venons-en maintenant au groupe le plus important numériquement, celui des élèves qui se sont contentés du matériel imposé par l'enseignant et qui y ont réfléchi individuellement.

Les problèmes que posent leurs comptes-rendus se scindent en deux familles : les problèmes "techniques" et les problèmes "scientifiques".

Nous appelons techniques les problèmes rencontrés par les élèves qui ont choisi de retenir et de traduire sur leurs schémas des éléments qui n'ont pas d'"importance", le savoir à construire interférant dès lors avec des aspects négligeables des dispositifs expérimentaux. On pensera bien sûr tout de suite au pittoresque contre lequel Bachelard nous a mis en garde. À quoi ces élèves ont-ils été attentifs, avec quelles préoccupations ont-ils lu les montages ?

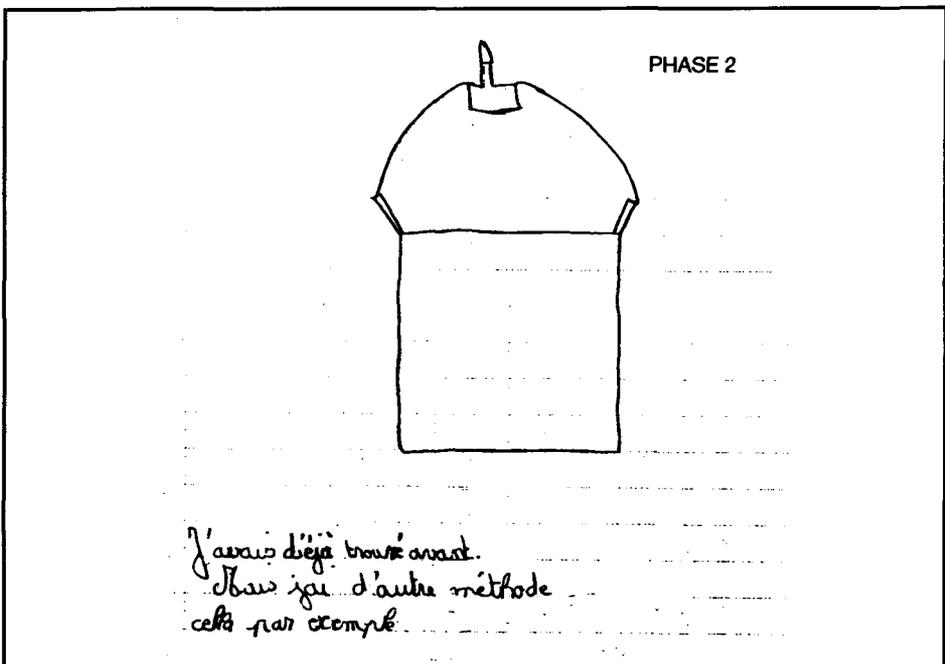
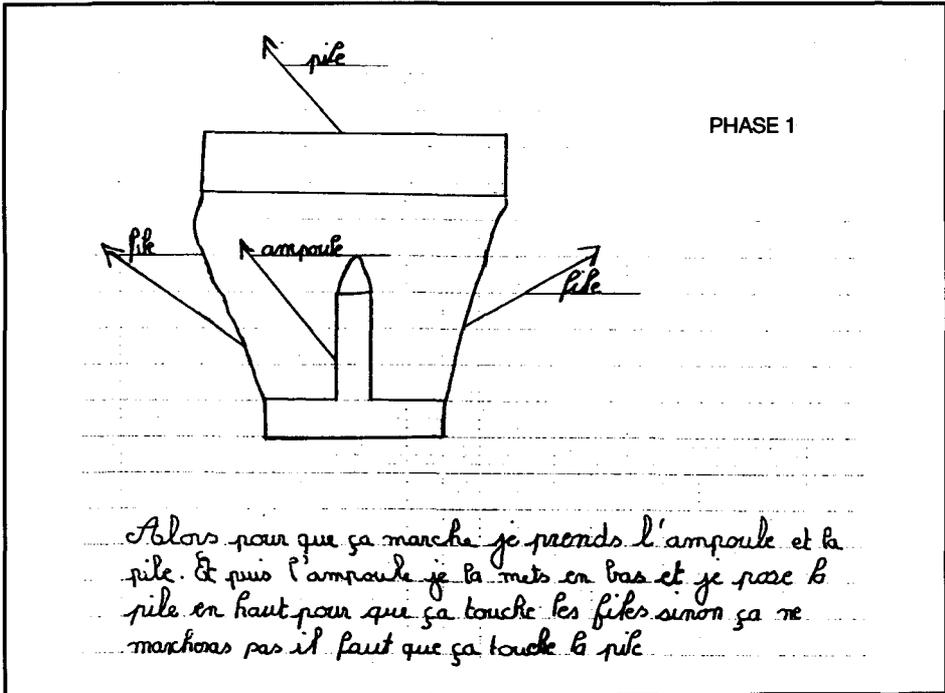
Certains ont représenté la couleur et la marque de la pile, d'autres ont précisé qu'il convenait de détacher tout d'abord le papier qui protégeait les languettes. Un autre a souligné qu'en entortillant les fils autour des languettes, le montage était plus solide. Un autre a trouvé (travail n°2) deux solutions pour allumer l'ampoule : avec la pile placée au-dessus d'elle, avec la pile placée en-dessous d'elle (cf. document 3)...

Ce qui empêche ici l'abstraction et qui, dans le dernier cas, introduit une distinction qui n'a pas lieu d'être, ressemble fort à un obstacle épistémologique dû à une explication par l'utilité (Bachelard, 1938, pp. 19 et suite) : tout ce que je perçois (couleur et marque de la pile, protection de papier, malléabilité des fils) doit forcément être utile, je dois obligatoirement l'inclure à mon compte-rendu. Quelques expérimentations complémentaires (piles de marques différentes...), quelques comparaisons inter-individuelles (les différentes façons de fixer les fils aux languettes) permettront de surmonter ces difficultés et de pousser plus avant la schématisation.

Par contre, la question des fils reliant la pile à l'ampoule nous semble plus intéressante : n'importe quelle mise en

tout le perçu
ne doit pas
faire sens

quantité des
exemples et
abstraction



situation de recherche apporte des informations aux élèves, informations confirmées dans leur valeur en ce que c'est le maître lui-même qui a organisé la séquence. S'il donne deux fils, c'est qu'il en faut deux, s'il donne un fil bleu et un fil rouge, c'est que les couleurs sont importantes ! Même les faits surnuméraires ont voix au chapitre.

Ce dernier problème va nous permettre d'aborder la partie "scientifique" par un retour à la notion de code : *"Le code représente un système de probabilité qui se superpose à l'équiprobabilité du système au départ pour le maîtriser (sous l'angle de la communication)."* (Eco, 1972, p. 48). Autrement dit : la couleur des fils me communique-t-elle quelque chose ? Ce phénomène perceptible visuellement est-il un signe régi par un code ou ne relève-t-il que d'une distribution aléatoire opérée par l'enseignant ?

Lors de la première séquence (travaux n°1 et n°2), aucune question de ce genre n'a été posée, les fils, récupérés sur un gros câble téléphonique, ayant toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Mais après l'utilisation du buzzer (fils noir et rouge à relier impérativement au bon pôle de la pile), les interprétants fantaisistes ont fleuri *a posteriori*, les élèves soupçonnant désormais tous les isolants de correspondre à un code chromatique : l'obstacle épistémologique s'est cristallisé sur une connaissance neuve par généralisation abusive (explication par l'unité, non pas ici de la Nature, mais des codes sociaux).

Quelques exemples :

- chaque couleur correspond à une "puissance" déterminée (interprétation qu'il faudra d'abord combattre à propos des fils, puis rebâtir à propos des résistors) ;
- selon sa couleur, le fil ne peut qu'envoyer l'électricité vers l'ampoule, ou ne peut que l'absorber.

Une confusion s'établit entre les propriétés du fil lui-même (en fait, un conducteur de résistance négligeable) et celles dont son revêtement isolant n'est que l'indice (car relié à telle ou telle borne de la DEL ou du buzzer qui, elle, possède en propre une caractéristique dépendant du sens du courant). Lors d'un passage à la schématisation électrique normalisée, il conviendra dès lors de s'abstraire non seulement de la couleur des fils, mais qui plus est, des fils eux-mêmes : de la prise en compte des artifices techniques (couleur, longueur, malléabilité, jonction au moyen de dominos,...) à la théorisation scientifique d'un circuit électrique ; ou encore, du codage technique (le rouge sur le pôle positif, le bicolore à la terre,...) au codage scientifique (tous les nœuds du circuit sont à angle droit, etc.).

Nous avons ainsi vu sur quelques exemples comment les élèves traduisent les obstacles épistémologiques bloquant leur apprentissage en dessins, en textes, à travers les interprétations variées qu'ils donnent d'un même phénomène. Ces freins à l'acquisition de connaissances scientifiques

une expérience
génératrice
d'obstacles

à chaque
intention
son type de
représentation

les dangers de
la catachrèse

trouvent leur origine dans l'expérience quotidienne mais également dans des savoirs précédemment construits à l'école. Cette dernière remarque nous conduit à relativiser les acquis scolaires : ils ne sont vrais que temporairement et localement et doivent rester susceptibles de modifications ; ce n'est pas la parole du maître mais l'esprit critique de l'élève qui devrait être gage de leur adéquation à décrire une situation nouvelle. Ce trait se retrouve dans la démarche du chercheur : toute connaissance ancienne non questionnée se mue en obstacle potentiel. Eco signale, par exemple, le cas du **rayon** lumineux, dénomination tout à fait acceptable dans le cadre de la géométrie euclidienne mais qui ne saurait rendre compte des propriétés de la lumière en tant que phénomène quantique ou ondulatoire (1972, p. 180) ; le travail scolaire, de par sa visée de systématisation, consiste alors en une modification patiente du profil épistémologique d'un tel phénomène pour y inclure progressivement (pas à l'école primaire...) les traits les plus caractéristiques de la science contemporaine, par une réorganisation progressive, par paliers, de la définition même de ce qu'est la lumière (ou l'électricité, ou la vie, etc.).

Une fois encore, ce n'est pas l'image de ruptures radicales que nous rencontrons, mais celle d'une modification pas à pas d'un savoir que l'on accepte de remettre en cause, du niveau le plus bas (préreprésentations issues de l'expérience quotidienne) à celui atteint actuellement par la recherche, tout en sachant que ces strates coexistent et que selon les circonstances, l'individu aura recours à un palier différent pour résoudre le problème qui se pose à lui.

3. DIDACTIQUE DE L'INTERPRÉTATION

La tâche de l'enseignant est dans ce cadre d'aider l'élève à conférer un sens acceptable, le plus exact possible scientifiquement parlant, aux messages qu'il perçoit en situation d'apprentissage, que ces messages soient verbaux (consignes, informations documentaires : des ensembles de signes socialisés) ou qu'ils résultent de phénomènes traduits en observations ou en mesures (lecture d'expériences, description de faits fortuits : les événements considérés comme signes).

3.1. Le métier d'élève

la coutume

De nombreuses études ont contribué à rendre les enseignants attentifs au contrat didactique fabriqué implicitement par le cursus scolaire ; nous lui avons quant à nous préféré le terme de coutume (cf. Balacheff, 1988).

Cet ensemble de connaissances qu'acquiert petit à petit l'élève lui sont des aides qui interviennent dans l'interprétation des consignes magistrales : qu'est-ce qu'on attend exac-

tement de moi ? Qu'est-ce que j'ai le droit d'écrire : ce qui est vrai et prouvé ? mes hypothèses et les questions que je me pose ? (cf. Astolfi, 1991, p. 180)

Les réponses à ces interrogations sont même susceptibles de varier selon la matière enseignée : nous avons vu plus haut que l'attention donnée au pittoresque, au superficiel est parfois légitime, parfois à bannir.

à quel moment
passer à la
production
de signes ?

C'est au premier chef le statut de l'erreur qui est en cause, à travers celui de l'écrit : les textes ne sont-ils que prétextes à évaluation ? Ou peuvent-ils au contraire servir de support, de trace à une réflexion en marche ? Essais de codage/décodage, ou témoins d'une perfection finale ?

Le remède à ces hésitations est à trouver tout d'abord dans une explicitation du contrat didactique : selon le moment de la séquence, selon la phase de la situation-problème, déterminer clairement les critères de recevabilité des traces écrites des élèves.

l'expérience
entre rhétorique
et preuve

Il convient ensuite d'indiquer à l'apprenant, ou encore de lister avec lui les endroits où il peut et doit prélever des informations : ressources documentaires, montages expérimentaux, etc., et non dans les intentions supposées de son maître ou dans les attentes de ses proches. Si non, en cas de désaccord entre l'opinion de l'élève et les résultats de l'expérience, cette dernière va être jugée mauvaise, fautive, au lieu de conduire à une remise en question des savoirs anciens. L'expérience ne figurerait plus alors qu'un argument rhétorique parmi d'autres et ferait basculer la leçon de science dans un débat où l'adhésion de la majorité tiendrait lieu d'administration de la preuve.

3.2. Le statut du savoir produit

Les notions d'interprétation et de chaînes d'interprétants nous permettent de postuler l'existence de connaissances diverses aussi bien par leur niveau de formulation que par leur orientation à propos d'une même situation au sein d'une même classe. C'est d'ailleurs ce que confirme l'expérience courante des enseignants : ce n'est pas parce qu'ils sont soumis à un flux identique d'informations que les élèves réagissent de la même façon. Il convient dès lors de faire émerger ces différents contenus en les amenant à la conscience de chaque sujet et en les transformant en signes communicables, par le dessin ou par les mots, à l'écrit de préférence pour pouvoir y revenir plus tard.

La confrontation qui s'ensuit a pour but essentiel d'affiner le questionnement pour déboucher sur cette "intention de mesurer" chère à Bachelard.

la validité de
l'expérience

La conduite de l'expérimentation scientifique avec de jeunes enfants pose des problèmes certains : leur seul esprit critique ne suffit pas toujours à valider les résultats. L'enseignant peut alors en cas de nécessité se porter garant de l'exactitude de l'expérience, et de cela seul, tant au plan de la méthode que des résultats, en sachant que dans ce

science ou
pédagogie ?

cas on passe d'une attitude strictement scientifique à une attitude pédagogique, une partie du travail (la phase de contrôle ici) étant prise en charge par l'adulte.

C'est peut-être à ce prix épistémologique que l'élève pourra renoncer à remettre en cause le dispositif expérimental plutôt que son savoir initial. Mais le danger subsiste de ralliements peu convaincus à la conception majoritaire lors de la phase d'institutionnalisation : c'est le lot de la pédagogie du conflit socio-cognitif dont l'efficacité n'est pas pour autant niée. Seul un travail métacognitif portant sur un ensemble de séquences complètes permettra *a posteriori* de dégager les différentes phases d'une démarche scientifique et de préciser les critères de validité du savoir qui y circule.

On passera ainsi progressivement du réalisme naïf au positivisme puis au rationalisme. Ce cheminement nous semble obligatoire pour deux raisons :

- à leur entrée en classe, les élèves sont déjà des "savants" à leur manière, dont on ne peut pas se permettre d'ignorer purement et simplement les connaissances ;
- aller directement au palier du rationalisme reviendrait à se priver d'appuis, à se couper des questions à poser : on n'enseignerait plus que des réponses.

Tant que l'on concevait l'apprentissage du savoir scientifique comme l'acquisition de la définition unique et univoque correspondant à chaque concept, la situation didactique semblait simple.

Mais si désormais la définition est remplacée par la notion d'interprétant, lui-même interprétable à son tour, tout se complique. Le savoir construit se relativise, sa durée de vie et son espace de validité doivent être précisés, ce qui légitime l'existence d'acquis de différents niveaux (possibilités de l'élève) et participant de différents domaines disciplinaires (intentions de l'élève), et qui rapproche le savoir scolaire du savoir savant : il n'est plus absolu, il n'est plus figé. On évite ainsi la constitution d'obstacles épistémologiques d'origine didactique à partir de savoirs non-questionnables. Mais au prix d'une insécurisation de l'élève par perte de repères fixes : plus rien n'est absolument sûr... L'atmosphère de la classe, par le truchement de l'explicitation du contrat didactique, atténuera cette anxiété.

la relativité
du savoir est
anxiogène

Chaque apprenant bâtit de la sorte son propre système d'intercompréhension, modulé par l'épistémè de son époque et de son groupe social, en le réorganisant et en l'enrichissant sans cesse, au niveau tant des connexions que des contenus à proprement parler, en d'autres termes en développant des chaînes d'interprétants toujours plus nombreuses et plus fournies à propos d'un même objet.

Le caractère individuel de la structure cognitive n'empêche pas que ce savoir et ces relations constituent la base de la communication, à visée scientifique dans le cas qui nous

les langages
comme outils
de médiation

occupe, mais de façon plus large aussi, à travers la médiation par le (les) langage(s).

Voyons, à titre d'illustration et pour conclure, le travail n°5 mené par notre classe à propos des analogies qui peuvent être conçues à partir d'un circuit électrique élémentaire.

3.3. Métacognition et modélisation

la ronde
(modèle 1)

Sarrasin et Genzling (1988, p. 109) proposent la méthode du mime analogique : le déplacement du courant électrique est représenté par une chaîne constituée par les élèves et le maître, placés en cercle, se tenant, bras tendus, par les épaules. Le maître est la pile, qui imprime le mouvement ; la DEL serait un élève placé tantôt dans le même sens, tantôt en opposition, etc.

Nous avons quant à nous demandé tout d'abord un travail écrit individuel aux élèves, puis nous en avons critiqué et enrichi quelques-uns collectivement.

Il s'agissait donc de présenter une analogie dans le but d'expliquer le circuit électrique à un élève plus jeune.

• *Premier cas retenu*

- Modèle individuel : la pile donne de l'énergie à l'ampoule comme la station service à la voiture.

- Résumé du débat collectif

. L'électricité est représentée par la voiture : toutes deux circulent ; la route remplace les fils électriques.

. Une voie à sens interdit figure la DEL, d'autant plus qu'on peut y circuler dans l'autre sens !

. Une ampoule pourrait s'allumer au bord de la route à chaque passage de la voiture.

. Mais dans le circuit électrique, l'ampoule reste toujours allumée ; il faudrait donc que la voiture passe sans cesse devant le "compte-tours". Deux solutions sont proposées : soit on a recours à de très nombreux véhicules, "*un embouteillage qui avance*", soit on imagine que la voiture tourne tellement vite que l'ampoule du compte-tours n'a pas le temps de s'éteindre.

l'embouteillage
(modèle 2)

• *Second cas retenu*

- Modèle individuel : l'ampoule, c'est comme un ballon de football ; la pile est remplacée par une pompe et par la personne qui l'actionne ; le tuyau de la pompe représente le fil et l'électricité correspond à l'air qui circule de la pompe au ballon.

"À un moment, tu es essoufflé ; c'est ce qui arrive avec la pile : tu ne peux plus gonfler et elle, elle ne peut plus donner de force à l'ampoule."

- Résumé du débat collectif

. Il ne s'agit pas d'un circuit !

. Si l'on ajoute un second tuyau, l'air ne gonfle plus la balle.

. Sauf si on imagine une balle avec deux trous : alors, ça gonfle deux fois plus vite.

. C'est un piège : l'air ne revient pas. (On retombe dans les courants antagonistes.)

. L'air s'accumule dans la balle ; mais l'électricité ne fait pas briller l'ampoule de plus en plus fort. Au contraire, son éclat diminue quand la pile s'use.

le joueur de flûte
(modèle 3)

- Modèle final proposé par la classe : un flûtiste (la pile) souffle à l'aide d'un tuyau (le fil) dans une flûte (le buzzer car la flûte ne joue que dans un sens, par opposition à l'harmonica, qui pourrait tenir le rôle de l'ampoule) ; l'air (l'électricité) qui sort par les orifices sous les clés est récupéré par un autre tuyau et rejeté dans la pièce où se tient le flûtiste. Quand la pile est usée, on la jette. Quand le flûtiste est fatigué, il reprend de l'énergie en dormant et en mangeant (*sic !*).

Ces deux modèles analogiques sont du seul cru des élèves, on l'aura remarqué. Ils ont été progressivement construits à travers la confrontation des points de vue, le travail écrit initial (n°5) servant de prétexte et apportant un thème, un décor général précisé par la suite.

Ce qu'il convient à notre avis de souligner, c'est leur évolution : très proches de la réalité (des voitures réelles et des balles réelles) au départ, ils deviennent de plus en plus surréalistes à chaque fois que l'on tente d'intégrer de façon rigoureuse l'une des caractéristiques des circuits électriques trouvées lors des deux manipulations précédentes (ampoule, puis buzzer, DEL et moteur).

le train sans fin
(modèle 4)

C'est d'ailleurs ce qu'il advient également au modèle de Johsua et Dupin (1993, p. 375), qui imaginent un train, circulaire, formé de wagons uniquement, poussés en un point du circuit par quelques ouvriers... et c'est très bien ainsi ! Les modèles avouent de la sorte leur nature de modèle : l'électricité ne "fonctionne" ni comme une voiture douée d'une vitesse infinie sur un circuit, ni comme une flûte bardée de tuyaux, ni comme un train dont on ne sait quel est le wagon de tête...

les limites des
modèles
analogiques

Le modèle n'est analogique à l'objet étudié que selon un certain point de vue et selon un niveau de formalisation à l'intérieur de ce point de vue : ce n'est qu'un interprétant qui reste interprétable à son tour.

mieux connaître
le terrain que
la carte

Il peut certes arriver qu'un trait particulier du modèle provoque une intuition et ouvre la voie à de nouvelles recherches sur l'objet par un cheminement inverse. Mais il ne s'agit là que d'un aspect heuristique et non pas à proprement parler prédictif. Le danger réside justement dans la tentation de se satisfaire de la connaissance du modèle, pour plaquer ses caractéristiques sur ce que l'on étudie, en se passant des moyens scientifiques d'administration de la preuve que sont la réflexion logique et l'expérimentation. La relation entre modèle et référent est analogique, mais jus-

qu'à un certain point seulement ; il n'est pas question d'isomorphisme strict.

"Le modèle se propose, en tant que procédé opératoire, comme le seul moyen de réduire l'expérience vivante d'objets différents en un discours homogène. Il s'agit donc d'une élaboration métalinguistique permettant de parler des autres ordres de phénomènes comme d'un système de signes." (Eco, 1972, p. 335) : c'est par le biais de la réflexion métacognitive que l'élève en prend conscience, à travers le codage socialement recevable des interprétants grâce auxquels chaque individu verbalise, structure ce qu'il a perçu, ce qu'il a pu percevoir.

Cette attitude est absolument nécessaire chez l'apprenant si on veut à la fois :

- éviter l'apparition d'obstacles épistémologiques par sclérose du savoir antérieur. La plasticité cognitive ne constitue nullement une compétence innée qui irait s'amointrissant avec l'âge : par le regard métacognitif, elle s'acquiert et se travaille, pour éviter l'apparition de *"crampes de la perception"* (Eco, 1972, p. 183), pour empêcher que *"des habitudes intellectuelles qui furent utiles et saines"* n'entravent la recherche (Bachelard, 1938, p. 14). La didactique des sciences débouche sur ce plan sur un éloge du doute ;
- amener l'élève à apprendre des savoirs utilisables, c'est-à-dire stables bien que relatifs, sur lesquels il va s'appuyer pour progresser, tout en acceptant le cas échéant de les remettre en question.

Le lieu central du problème des obstacles épistémologiques est ainsi pour nous ce débat entre d'une part automatisation des procédures, dans un souci d'efficacité, à travers des chaînes d'interprétants interrompues et figées, et d'autre part regard métacognitif, en tant qu'artifice didactique permettant le retour à la conscience des savoirs antérieurement acquis, pour en construire de nouvelles interprétations, sous la pression de l'expérience scientifique, ou du débat avec autrui, ou encore du raisonnement intériorisé. Les processus sémiotiques ne font que marquer des temps d'arrêts, des pauses momentanées : l'élève ne devient un professionnel de l'apprentissage que s'il accepte à chaque fois de se remettre en situation de recherche, de ré-organisation et de ré-interprétation du perceptible.

Marc WEISSER
École Cour de Lorraine
Mulhouse

dialectique de
l'automatisation
et de la critique
consciente

l'élève,
un professionnel
de l'apprentissage

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON, Richard C., AUSUBEL, David P., (1965). *Readings in the psychology of cognition*. New York, Holt, Rinehard and Winston.

ASTOLFI, Jean-Pierre, (1992). *L'école pour apprendre*. Paris, ESF.

ASTOLFI, Jean-Pierre et all., (1991). *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales*. Paris, INRP.

AUSUBEL, David P., (1965). "A cognitive structure view of word and concept meaning", in ANDERSON & AUSUBEL, *Readings in the psychology of cognition*. New York, Holt, Rinehard and Winston, pp. 58-75.

BACHELARD, Gaston, (1^e édition 1938, réédition 1980). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin.

BACHELARD, Gaston, (1940). *La philosophie du non*. Paris, PUF.

BALACHEFF, Nicolas, (1988). "Le contrat didactique et la coutume : deux registres des interactions didactiques", *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques*. Grenoble, La Pensée Sauvage, pp. 15-27.

ECO, Umberto, (1972). *La structure absente*. Paris, Mercure de France.

ECO, Umberto, (1979). *Lector in fabula*. Paris, Livre de Poche.

GIORDAN, André, DE VECCHI, Gérard, (1987). *Les origines du savoir*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.

GRICE, Paul H., (1979). "Logique et conversation", *Communications* n°30. Paris, Seuil, pp. 57-72.

JOHSUA, Samuel, DUPIN, Jean-Jacques, (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF.

PEIRCE, Charles S., (1978). *Écrits sur le signe*. Paris, Seuil.

SARRASIN, Liliane, GENZLING, Jean-Claude, (1988). "Circuits et modélisation", *Aster* n°7, *Modèles et modélisations*. Paris, INRP, pp. 103-120.