

## LA CONSTRUCTION DU SAVOIR SCIENTIFIQUE PASSE PAR UNE SUITE DE RUPTURES ET DE REMODELAGES

Gérard DE VECCHI

*Résumé.* La didactique et l'épistémologie des sciences nous apprennent que le savoir se construit par ruptures et remodelages successifs. Mais cela n'est pas pris en compte dans l'enseignement. Nous avons essayé de montrer comment les recherches actuelles nous permettent de prendre conscience de la manière dont chaque apprenant, dans le cadre scolaire, peut se construire ses propres connaissances en passant par des niveaux de formulation successifs, devenant de plus en plus opératoires car couvrant un champ de validité de plus en plus vaste.

Nous avons aussi insisté sur l'importance et la manière d'intégrer ces notions dans le cadre de la formation des enseignants.

*Abstract.* The didactics and epistemics of sciences show us knowledge builds up through successive breaking and remodeling. And yet, teaching does not take this into account. We have tried to show how present research makes us aware of the way each learner, within the school context, can build up his own knowledge by going through successive levels of formulation, becoming more and more operational as they cover wider and wider areas of validity. We have also emphasized the importance and manner of integrating these notions into teacher training.

Tout d'abord, nous allons présenter quelques unes de nos hypothèses de départ, ce qui nous permettra de mieux cerner la problématique qui nous intéresse.

Piaget a montré, depuis plus d'un demi-siècle (1), qu'avant d'aborder un nouveau sujet, l'enfant n'est pas vierge de connaissances. Il possède déjà un certain nombre de conceptions qui lui permettent, à sa manière, d'expliquer le monde qui l'entoure. Bachelard a insisté sur le fait qu'il était important de les prendre en compte dans toute construction du savoir (2). Il est vrai qu'il ne s'est pas véritablement penché sur la manière dont cela pouvait être réalisé dans le cadre scolaire.

---

(1) PIAGET (J.). — La représentation du monde chez l'enfant. — Paris, PUF, 5<sup>e</sup> éd., 1976 (1<sup>re</sup> éd. 1926).

(2) BACHELARD (G.). — La formation de l'esprit scientifique. — Paris, Vrin, 1986 (1<sup>re</sup> éd. 1938).

En outre, le savoir ne se construit pas par un simple empilement de connaissances, de situations ou de faits successifs. Il y a élaboration progressive d'une structure beaucoup plus complexe, à travers des phénomènes d'assimilation-accommodation — Piaget (3) —. Et cela se fait parfois par l'intermédiaire de ruptures successives — Bachelard (2) —, obligeant l'apprenant à reconstruire son savoir initial.

Enfin, il ne suffit pas d'observer notre environnement pour élaborer des connaissances ayant un statut scientifique. Il faut dépasser cette observation, construire des modèles explicatifs, des théories...

Aujourd'hui, malgré ces découvertes, on constate que la plupart des enseignants fonctionnent comme si ces apports en didactique et en épistémologie des sciences n'existaient pas (4). Toutes ces « belles théories » ont-elles une réelle valeur dans la pratique scolaire ? Et si c'est le cas, comment peut-on intégrer ces réflexions dans une démarche de formation des enseignants ?

## ET SI L'EXCEPTION NE CONFIRMAIT PAS LA RÈGLE ?

L'enseignement des sciences se donne théoriquement comme objectifs de construire chez l'apprenant un certain nombre de méthodes, d'attitudes et surtout de concepts. Au profil du « savant » (celui qui « sait »), on préfère de plus en plus celui du « chercheur » (qui doute, donc qui se pose des problèmes et tente de les résoudre). Malgré cela, on sait tous quelle est l'image de la science que transmet l'école. Elle s'intéresse beaucoup plus à des connaissances « plaquées » qu'à un savoir véritablement construit ; et pourtant les concepts ne s'élaborent pas n'importe comment.

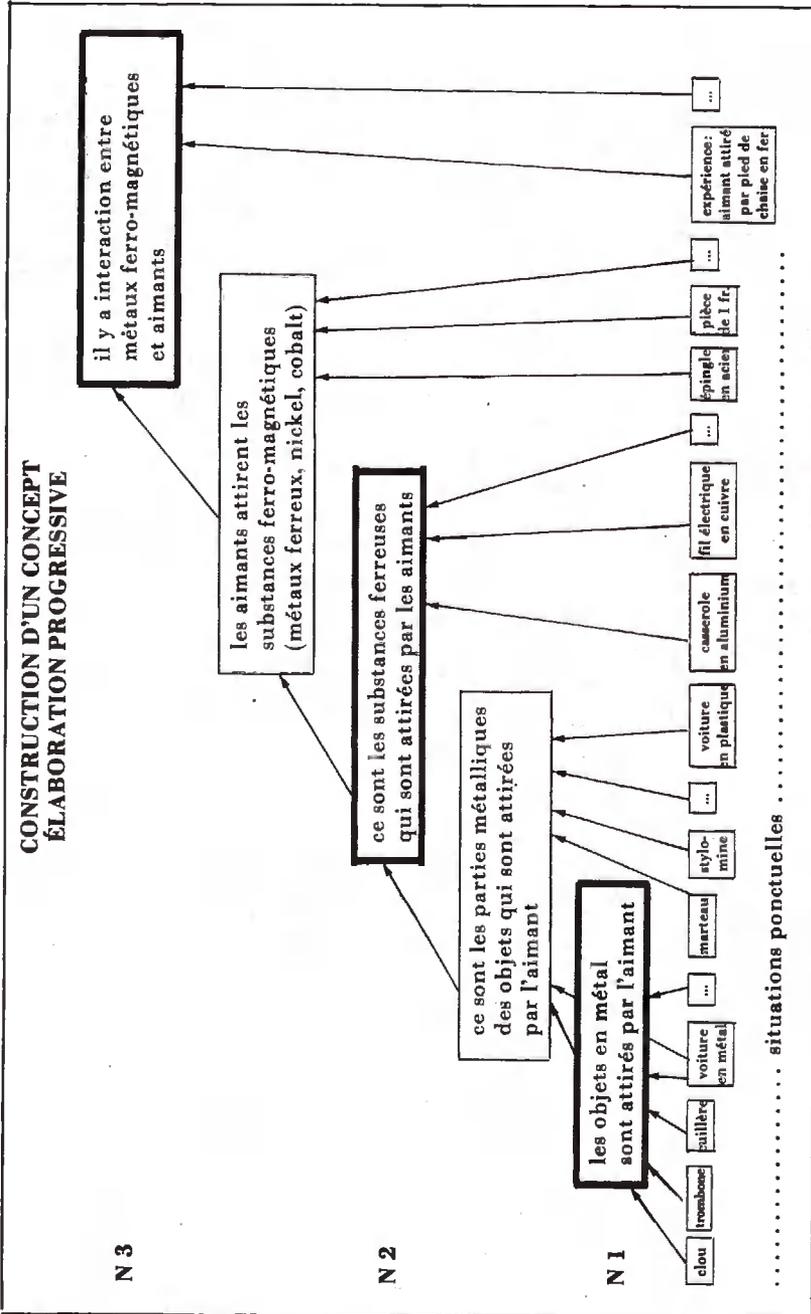
Prenons deux exemples très simples pour illustrer cela. Commençons par le concept d'aimantation. Le premier encadré (p. 37) représente différents niveaux possibles d'élaboration de ce concept. Tout d'abord, par tâtonnement, quelques manipulations simples peuvent, en retenant ce que les objets attirés par les aimants ont de commun, faire élaborer par des enfants le niveau I de la construction

(3) PIAGET (J.). — Problèmes de psychologie génétique. — Paris, Denoël, 1972.  
PIAGET (J.). — L'explication des structures cognitives. — Paris, PUF, 1975.

(4) GIORDAN (A.), DE VECCHI (G.). — Les origines du savoir. — Neuchâtel-Paris, Delachaux & Niestlé, 1987.

ENCADRÉ 1

CONSTRUCTION D'UN CONCEPT  
ÉLABORATION PROGRESSIVE



du concept. La première « règle » intégrée par l'enfant, souvent d'une manière intuitive, pourrait être formulée de la manière suivante : « les objets en *métal* sont attirés par l'aimant ». Mais d'autres essais d'aimantation sur une casserole en aluminium ou sur un fil électrique en cuivre vont poser problème. Doit-on les considérer comme « des exceptions qui confirment la règle » ? Non ! Ces résultats *remettent en cause la règle !* Ils vont obliger l'enfant à modifier son principe explicatif, à en élaborer un nouveau prenant en compte les faits complémentaires recueillis. Il pourrait être formulé ainsi : « ce sont les *substances ferreuses* qui sont attirées par les aimants » (niveau 2). Puis, par approches successives, on en arrivera aux *substances ferromagnétiques*. Enfin, lors de plusieurs tentatives faites pour attirer un objet lourd avec un aimant, l'enfant va prendre conscience que c'est l'aimant qui va se déplacer. De ce fait, il ne pourra plus dire que « l'aimant attire... », mais qu'il y a *interaction* entre substances ferromagnétiques et aimants (niveau 3).

Ce qui confère un statut « scientifique » à ce savoir, c'est le fait qu'il peut être *réinvesti dans des situations nouvelles*. Ainsi, devant un objet non encore exploré, l'apprenant aura de bonnes chances de savoir, *sans avoir besoin de faire l'expérience*, si cet objet va être attiré ou non par un aimant. Ce savoir aura donc un *pouvoir de déduction, de prévision, de résolution immédiate*.

Cela ne correspond pas à une connaissance ponctuelle. Nous prenons souvent l'exemple d'un stéréotype significatif : « Marignan - 1515 ». Cette « connaissance » n'est en fait utilisable que dans la *situation dans laquelle elle a été construite* (quand on vous dit « Marignan » vous répondez « 1515 », ou quand on énonce la date de 1515 c'est « Marignan » qui vous vient tout de suite à l'esprit... et non la naissance de Thérèse d'Avila !). Mais combien de Français savent quelles ont été les causes de cette bataille qui s'est déroulée entre qui et qui, et surtout quelles en ont été les conséquences ?). Tout cela est bien connu et nous fait sourire... mais que fait-on le plus souvent en classe ! Est-ce aussi amusant que cela y paraît au premier abord ?

Ce ne sont donc pas des masses de connaissances ponctuelles qu'il faudra faire engranger aux élèves. Il sera beaucoup plus important de les amener à *se construire quelques grands concepts* (5).

(5) DE VECCHI (G.), GIORDAN (A.). — L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche » ? — Nice, Z'éditions, 1990, 2<sup>e</sup> édition.

C'est par une suite de *mises en relation*, qu'un concept va s'édifier progressivement, en passant par des *niveaux successifs* prenant en compte un *nombre de faits de plus en plus grand*. Au fur et à mesure que le concept s'élaborera, les formulations deviendront de plus en plus abstraites. Il s'agira en fait d'une approche inductive. La qualité de l'élaboration du concept sera en relation directe avec son pouvoir opératoire, c'est-à-dire sa capacité à expliquer un nombre plus grand de faits d'une manière cohérente (voir encadré 2, p. 40).

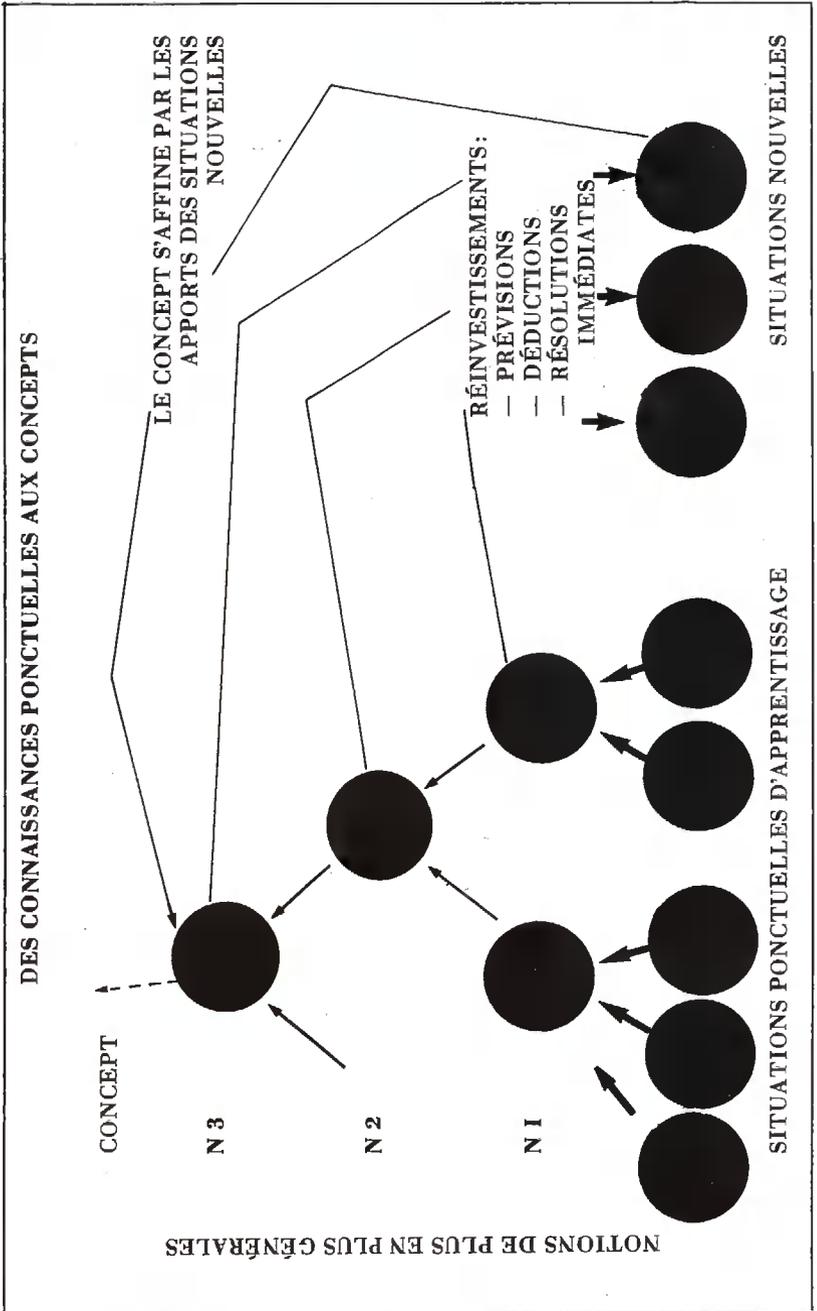
L'encadré 3 (p. 41) correspond à des formulations successives d'enfants de 4 à 5 ans relatives, par exemple, au *concept d'oiseau*. Nous retrouvons, sur un sujet de biologie cette fois, le même phénomène. À partir des conceptions initiales des enfants, il y a eu *remise en cause progressive de certaines de leurs représentations* (par exemple un oiseau ce n'est pas toujours petit et mignon, ça ne mange pas que des graines...) et, en même temps, *ajouts de connaissances*. Cela aboutit à une formulation beaucoup plus générale, donc beaucoup plus opératoire. On voit aussi que le savoir élaboré est aussi *en relation avec d'autres concepts* (par exemple une tortue, qui a un bec, n'est pas un oiseau !). Le pouvoir de réinvestissement de cette connaissance, dans une situation nouvelle, est mis en évidence par les échanges verbaux relevés concernant un oiseau inconnu des élèves, le marabout.

## COMMENT SE FAIT CETTE RÉORGANISATION DU SAVOIR ?

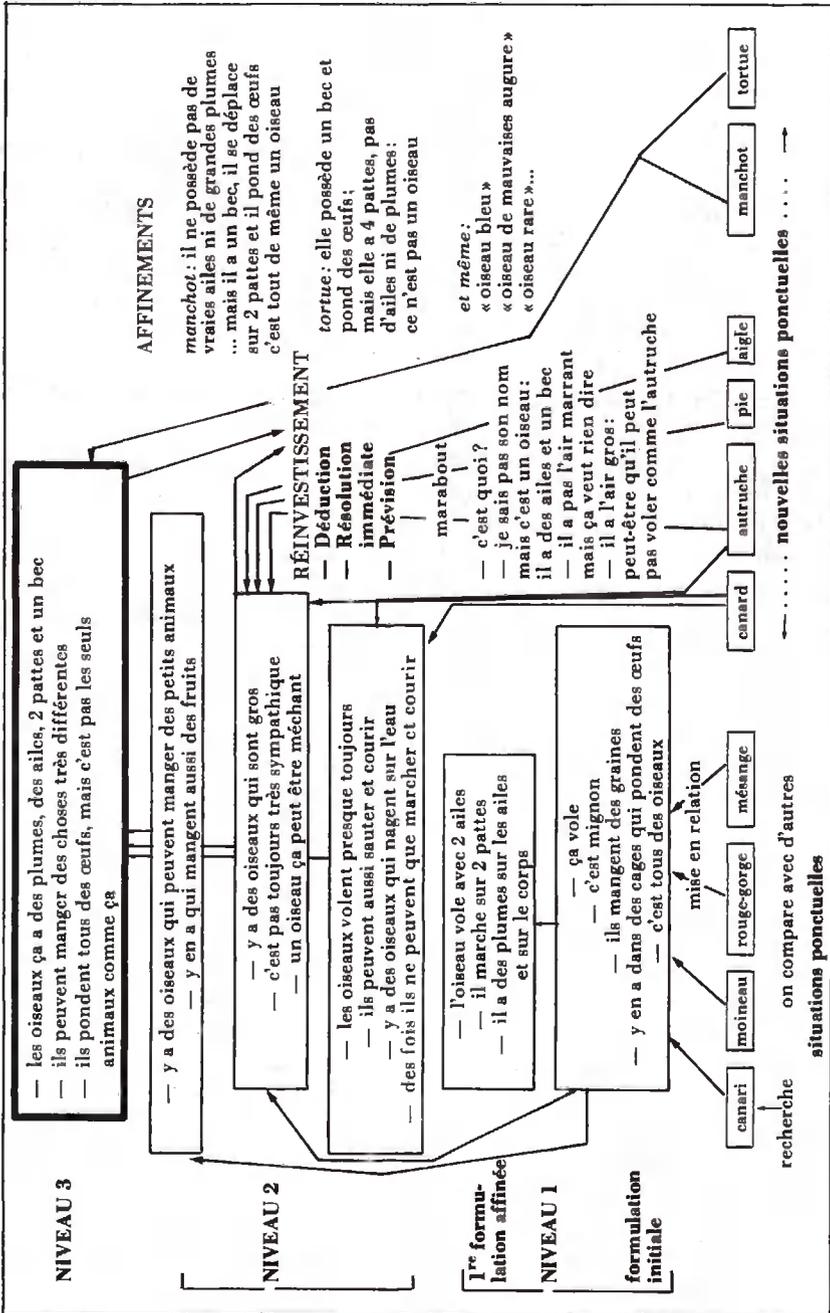
Nous avons vu qu'à chaque passage d'un niveau à un autre, on n'assistait pas à une accumulation de connaissances supplémentaires mais bien à une *réorganisation des connaissances préexistantes*. Pour imaginer cela, nous pouvons proposer un modèle analogique qui montre bien cela. La structure cognitive d'accueil pourrait être comparée à un *puzzle* dont on voudrait changer une pièce. La seule qui pourrait la remplacer c'est... une pièce qui a exactement la même forme. Cela montre bien que modifier ou rajouter une connaissance implique une restructuration du savoir déjà présent. Pour intégrer dans un puzzle une nouvelle pièce, il faut que les pièces voisines soient, elles aussi, modifiées.

Cela nous aide à comprendre le fait que, d'une manière plus ou moins marquée, le passage d'un niveau de formulation à un autre correspond à un *remodelage* du savoir préexistant et, en quelque sorte, à une *rupture*. En effet, même les sciences dites « d'observation » ne sont devenues des sciences, au véritable sens du terme, que

ENCADRÉ 2



ENCADRÉ 3



quand elles ont été capables de « dépasser » les observations, même très précises, quand, en s'appuyant sur les faits observés, elles ont permis d'élaborer des théories, elles ont apporté des éléments à la construction des concepts. L'histoire des sciences nous montre que cela n'est pas toujours aisé. Il a fallu près de trois siècles pour que l'observation des spermatozoïdes permette de construire le concept de fécondation. On a cru tout d'abord à des poussières, puis à un artéfact, puis à un simple stimulant, avant de les considérer comme des cellules sexuelles à part entière (6). La science, ce n'est donc *pas la description des faits, mais leur dépassement* par l'interprétation qu'on peut en faire, par les modèles explicatifs que l'on peut élaborer.

### PEUT-ON S'APPUYER SUR DES CONNAISSANCES PARTIELLES ?

Les modèles explicatifs dont nous avons parlé, construits au fur et à mesure, sont opérationnels dans un champ de validité donné. Prenons un exemple très simple: les mouvements des astres (voir encadré 4, p. 43).

À 4 ans par exemple, un enfant peut apprendre que « tous les jours le Soleil se lève, monte dans le ciel et se couche » ; cela correspond à un « savoir » qui s'appuie uniquement sur ce qu'il peut observer journellement. Cette approche induit l'idée que c'est le Soleil qui tourne autour de la Terre (comme 37 % des Français le pensent encore!). Cela est « faux » et pourtant il s'agit d'une véritable connaissance, puisqu'elle est opérationnelle (d'ailleurs les navigateurs l'utilisent encore aujourd'hui). Mais elle n'a de réalité que dans un champ de validité restreint (vécu quotidien, le point de référence restant la Terre). Lorsque, par un apport d'éléments supplémentaires, le modèle explicatif ne conviendra plus, les références changeront, elles entraîneront la construction d'un nouveau modèle explicatif et le champ de validité s'élargira. L'apprenant passera d'un niveau de formulation à un autre. Souvent « l'ancien savoir » sera en quelque sorte « englobé » dans le nouveau. Il ne constituera plus qu'un cas particulier appartenant au nouveau champ de validité. Nous n'avons qu'à penser au passage de la géométrie plane à celle prenant comme référence l'espace courbe.

---

(6) GIORDAN et coll. — Histoire de la Biologie. — 2 tomes. — Paris, Technique et Documentation, 1987.

ENCADRÉ 4

EXEMPLES DE NIVEAUX DE FORMULATION EN ASTRONOMIE :  
LES MOUVEMENTS DES ASTRES

NIVEAUX DE FORMULATION

CHAMPS DE VALIDITÉ

prochaine rupture ?

3. Le Soleil est une étoile qui appartient à la « Voie Lactée » qui est une *galaxie*. Le Soleil *gravite* autour du centre de la Voie Lactée 1 année galactique dure environ 200 millions d'années). En fait, c'est tout l'*Univers* qui est en mouvement et l'ensemble des galaxies s'éloignent sans cesse les unes des autres dans un mouvement de « dilatation », comme si elles provenaient toutes d'un même lieu (théorie de l'expansion de l'Univers — « *big bang* » —).

niveau : *Univers*  
intégration du facteur temps et de la théorie de l'expansion de l'Univers

par exemple  
à partir de 13 ans

rupture

2. La *Terre* est ronde. C'est une *planète* qui appartient au *système solaire*. Elle tourne sur elle-même (1 tour = 1 journée), même si on ne s'en aperçoit pas. Elle tourne autour du *Soleil* (1 tour = 1 année), même si on a l'impression que c'est le contraire.

niveau : *système solaire*  
élargissement du concept d'espace et intégration de la relativité d'un phénomène  
par exemple à 9 ans

rupture

1. Tous les jours, le *soleil* se lève, se déplace dans le ciel, se couche.

niveau : *vécu quotidien*  
approche du concept de temps  
par exemple à 4 ans

Ce concept de didactique est important car il permet de comprendre comment on peut aborder la *transposition didactique* en sciences, face à des connaissances qui sont toujours complexes et jamais définitives.

C'est donc ainsi que s'élaborera progressivement le savoir construit, par une série de ruptures et de réorganisations. Il en a d'ailleurs été ainsi de la science elle-même. Prenons, par exemple, le statut de l'Homme dans la nature. Jusqu'à Copernic et Galilée, il habitait le centre de l'Univers. Puis, Darwin a avancé l'idée qu'il n'existait pas trois règnes (végétal, animal... et humain) mais seulement deux, puisque l'homme était un animal. Cela faisait descendre notre espèce du piédestal sur lequel elle s'était elle-même placée. On pourrait continuer ainsi en citant Freud qui, avec sa théorie sur l'inconscient, a émis l'idée que l'homme ne se connaissait même pas lui-même (!), etc.

### QUELLE APPROCHE ET QUEL INTÉRÊT DANS LA FORMATION DES ENSEIGNANTS ?

Quelles sont les conceptions des enseignants (instituteurs, professeurs de biologie ou de physique...) sur la manière dont, pratiquement, ils doivent amener les élèves à se construire un savoir ? On s'aperçoit, quand on aborde avec eux cet important problème, qu'il existe fréquemment un décalage entre leur discours théorique et leur pratique. Schématiquement, la théorie définit une pédagogie centrée sur l'apprenant... et la pratique n'est qu'une approche, le plus souvent déductive, centrée directement sur les connaissances et sur l'enseignant.

Quant à l'élaboration du savoir par ruptures successives et par remodelages, il est intéressant de le faire vivre, puis de l'analyser et d'en tirer des éléments de réinvestissement en classe.

Voici un exemple concernant le concept de vivant.

Nous vous proposons quelques réponses relevées dans un groupe d'institutrices d'école maternelle à qui nous avons demandé de compléter la phrase suivante : « Pour moi un être vivant c'est... » :

- un être vivant c'est un être qui va mourir : moi (par dérision pour ne pas parler d'êtres proches).
- c'est un être qui « naît » et évolue vers la « mort » (être humain, plante).
- un être vivant, c'est quelqu'un qui bouge - respire - agit.

- c'est un être qui naît d'autres êtres, qui respire, qui se nourrit, qui grandit, qui se reproduit, qui meurt.
- un être vivant c'est une ou plusieurs cellules organisées. Je voudrais écrire quelque chose de scientifique mes connaissances sont trop floues (faux savoir!).
- pour moi, un être vivant c'est une construction équilibrée, un parfait agencement de cellules.

Et la démarche générale que nous avons utilisée :

— Réponse individuelle à la question : « pour moi un être vivant c'est... »

— Chacun prend connaissance de l'ensemble des réponses et, au fur et à mesure, les différents critères choisis pour définir le vivant sont répertoriés.

— En s'aidant de cela, on demande à chacun de rectifier ou de compléter sa définition du vivant : certains élaborent une deuxième définition très différente, par prise de conscience de certains pièges dans lesquels ils étaient tombés ou de certaines idées dont ils n'avaient pas tenu compte. On peut considérer que cela constitue leur premier niveau de connaissances ; il est en relation avec leur degré actuel de réflexion théorique sur le concept.

— Toujours sans analyser la pertinence des critères énoncés, on place les apprenants en petits groupes et, par confrontation de leurs réponses individuelles et développement d'une argumentation, on leur donne pour consigne d'élaborer une définition commune du vivant. On considère cette deuxième formulation comme étant une deuxième étape de construction de leur savoir. On compare les définitions de chaque groupe et on en discute d'une manière générale.

— On reprend enfin chaque critère proposé pour définir le vivant et on le commente, en particulier en apportant un certain nombre de contre-exemples dont le but est de créer des conflits cognitifs et de remettre en cause un certain niveau de connaissances. Les éléments apportés obligent chacun à affiner sa vision du vivant afin qu'elle intègre ces cas plus ou moins particuliers. Par exemple, en ce qui concerne la respiration considérée comme obligatoire pour vivre, on peut amener chacun à réfléchir sur le cas du ténia (vers solitaire) qui ne respire pas... puisqu'il vit dans un milieu privé d'oxygène, ou des levures responsables de la fermentation des boissons alcoolisées (elles remplacent justement le phénomène de respiration par des réactions chimiques de fermentation). « Respirer » devient donc un critère non obligatoire, un attribut non essentiel dans la définition du vivant.

Ainsi se succèdent une série de *ruptures* et, par mises en relation, par confrontations successives, se dessine une *nouvelle définition* du

vivant qui prend en compte beaucoup plus de cas. Il ne s'agit plus par exemple de définir le vivant en ne pensant qu'à l'homme et aux animaux supérieurs (premier champ de validité) mais il faut aussi intégrer les animaux moins évolués, les plantes, les bactéries et les virus.

Après ce vécu, souvent surprenant pour les apprenants, il est important d'en discuter, de voir en quoi a constitué la démarche employée par le formateur, comment elle a été reçue par les formés, ce qu'il s'est réellement passé et qu'elle en a été sa portée, ce qui a été construit en comparaison des représentations préalables... et ce que l'on pourrait tirer de cela pour la pratique quotidienne de la classe. C'est ce type d'approche qui peut ouvrir les portes à un réel réinvestissement, point de départ vers une modification du comportement pédagogique de chacun (ou du moins de certains!).

## CONCLUSION

On est loin d'une construction de savoir par accumulation de connaissances ponctuelles, ou d'une somme d'exercices d'application faits par chaque apprenant, sans que celui-ci sache véritablement à quoi sert ce qu'on lui demande (impose!). Le rôle de l'enseignant n'est plus ici de « donner » mais de « mettre en situation », afin que les élèves puissent prendre conscience de leurs besoins, de leurs manques et SE construisent LEUR propre savoir.

Faire en sorte que « l'apprenant se construise son propre savoir » est une démarche longue, passant par des chemins détournés, mais qui, par rapport aux connaissances actuelles, constitue la seule voie réaliste: « Doucement je suis pressé », disait Talleyrand. Il ne s'agit pas ici de « perdre du temps » mais plutôt de « passer du temps », ce qui est beaucoup plus rentable à long terme. C'est en avançant plus lentement que l'on peut aller plus loin. Cela implique une formation des maîtres passant par autre chose qu'une somme de discours (dont on peut dire, au passage, qu'elle contient la dénonciation des discours!), mais bien par un vécu réel et analysé. Ne faudrait-il pas faire vivre aux enseignants ce que l'on voudrait qu'ils fassent vivre à leurs élèves?

Gérard DE VECCHI  
 Professeur à l'École Normale de Melun  
 Chercheur à l'INRP et au laboratoire de Didactique  
 et d'Épistémologie des Sciences  
 de l'Université de Genève