

LA DIMENSION ÉPISTÉMOLOGIQUE EN DIDACTIQUE DES SCIENCES

Epistémologie

Nous employons *épistémologie* dans le sens suivant: ensemble de connaissances qui se rapportent à la nature de la science et du savoir scientifique, à la manière dont le savoir scientifique se construit, aux démarches et aux outils mis en œuvre par les scientifiques.

Les didacticiens des sciences orientent peut-être plus que jamais l'enseignement vers des objectifs de nature épistémologique. Ils demandent aux enseignants de se préoccuper de l'image de la science qu'ils donnent à leurs élèves et d'initier ces derniers aux démarches scientifiques. Pourquoi ne pas se contenter de leur faire apprendre des contenus, des savoirs, du savoir faire ?

C'est une question qui nous est parfois posée et cela même de la part de formateurs d'enseignants. Nous allons tenter de donner des éléments de réponses du point de vue de la didactique des sciences.

Pour résumer notre propos, nous dirons d'emblée ceci: les connaissances à enseigner sont inséparables des processus par lesquels elles sont élaborées tant au sein d'une communauté que dans la tête d'un apprenant. Apprendre, c'est construire du savoir. C'est donc, nous le verrons, entrer dans des démarches propres aux sciences. Répondre à cette question est l'occasion de préciser ce qu'est pour nous un modèle socioconstructiviste d'apprentissage. Voyons cela d'un peu plus près.

Point de vue psychologique: contextualisation des apprentissages

Le caractère contextualisé des connaissances est largement admis aujourd'hui. En psychologie cognitive, on parle de *cognition située*. Selon cette théorie¹, le comportement, l'action et la pensée ne peuvent se comprendre que dans leur contexte d'élaboration. Le contexte est constitutif des connaissances, dont il détermine à la fois les conditions d'activation et les limites de validité. Cette théorie cognitive est en accord avec les travaux relatifs à la notion de « situation didactique » qui, selon Guy Brousseau², inclut

« l'ensemble des circonstances dans lesquelles se trouve l'élève, les relations qui l'unissent à son milieu, l'ensemble des données qui caractérisent une action ou une évolution ».

Conséquence

Dans l'enseignement des sciences, le contexte implique les objets et phénomènes que le savoir visé décrit ou sur lesquels ce savoir opère. L'approche cognitiviste que nous évoquons ici fournit un fondement aux activités pratiques (*les travaux pratiques de sciences*) dont l'utilité est largement reconnue par les enseignants. Dans ce « milieu didactique », l'élève peut tester la manière dont ces objets et phénomènes répondent à ses sollicitations. Ces interactions induisent une démarche de *recherche*: l'élève, plus ou moins explicitement, pose des hypothèses et les soumet à validation. Placer l'élève dans des situations d'apprentissage, c'est donc d'une certaine manière le rendre chercheur. Ce point de vue psychologique donne déjà un premier élément de réponse à notre question.

Premier point de vue épistémologique: une nature de la science mal connue

Les conceptions épistémologiques contemporaines présentent le développement de la connaissance scientifique comme un phénomène dynamique. Au lieu d'imaginer un corpus de connaissances stable auquel s'ajoute progressivement de la connaissance nouvelle, les épistémologues contemporains³ nous conduisent à imaginer un corpus en transformation et en complexification. La construction du savoir est vue comme un processus social et la *certitude* scientifique conçue comme le résultat d'un consensus historiquement situé et évolutif. Un certain relativisme est accepté bien que des



balises existent, qui permettent d'opposer science et non-science. On admet qu'aucune expérience ne peut prétendre au statut d'expérience cruciale, ce qui n'empêche pas que les tests expérimentaux destinés à confirmer ou à réfuter des hypothèses demeurent essentiels dans les démarches conduites par les scientifiques.

Or, ces points de vue contemporains ne sont que partiellement intégrés par les élèves et les enseignants actuels. De nombreuses recherches montrent que des visions naïves coexistent avec des considérations plus réalistes. Enzo Rolletto⁴, par exemple, résume ainsi une recherche conduite auprès de futurs enseignants :

« Les aspects concernés sont la nature et le statut des connaissances scientifiques, les démarches pour les atteindre, les critères de démarcation entre science et non-science, les relations entre science et vérité, etc. Une certaine hétérogénéité des points de vue est retrouvée selon les aspects traités. La majorité des sujets partage un point de vue empiriste, quant à la nature des connaissances scientifiques; réaliste quant à leurs objets; inductiviste quant à leurs démarches; relativiste et contextualiste quant à leur statut. En outre, les sujets accordent très peu d'importance à la dimension sociale des sciences et aux aspects créatifs de l'activité des scientifiques. » (P.11)

D'autre part, il est établi que la manière dont on conduit l'élève dans des activités d'apprentissage sous-tend une conception de la science qui détermine, au moins en partie, la représentation qu'en a l'élève.

Dans leur ouvrage⁵ consacré aux conceptions épistémologiques de lycéens de 17 ans, Marie Larochelle & Jacques Désautels nous disent :

« En somme, l'image de la science serait tributaire, dans cette optique, de sa facture scolaire et d'une certaine philosophie de l'enseignement. En effet, et les études qui le démontrent foisonnent (...), non seulement y néglige-t-on la plupart du temps les exigences bien particulières de la production du savoir scientifique, mais également celles de son appropriation cognitive. (...) Le savoir scientifique, en contexte scolaire (...) a donc un caractère impersonnel et ne suscite

chez les étudiants qu'un engagement cognitif passif: ceux-ci ne formulent ni leurs questions et problèmes de recherche, ni les termes de l'investigation que la résolution de ces problèmes requiert, ni les critères de sa fiabilité et de sa validité. » (P. 17)

Cette citation illustre bien à quel point les préoccupations épistémologiques et didactiques sont liées.

Dans ce même ouvrage, Marie Larochelle & Jacques Désautels relatent une expérience qui montre que si l'on donne à ces lycéens l'occasion de conduire par eux-mêmes une recherche scientifique authentique, ils arrivent à un haut degré de conceptualisation de l'objet étudié et, simultanément, leur conception de la science devient plus fine et pertinente.

Avec deux collègues, nous avons conduit une recherche⁶ qui permet de conclure que les conceptions d'élèves âgés de 14-15 ans, à propos de la nature de la science et de la démarche scientifique, sont partiellement modelées par l'enseignement qui leur est prodigué. Nous avons en effet pu mettre en évidence l'effet d'un enseignement permettant aux élèves de construire du savoir au travers de démarches s'inspirant de celles des chercheurs. Après deux ans d'un tel enseignement, les conceptions épistémologiques des élèves des trois classes concernées ont pu être comparées à celle de six classes témoin ayant reçu un enseignement des sciences « traditionnel ». Nous avons également réalisé une expérience dans laquelle une classe a été assimilée à une communauté scientifique et placée devant une vraie question, c'est-à-dire une question dont l'enseignant ne connaissait pas la réponse. La classe était divisée en deux équipes qui conduisaient chacune sa recherche et qui devaient communiquer pour tenter de produire une réponse commune. Nous avons pu mettre en évidence une évolution des conceptions des élèves à propos de la science et de la démarche scientifique.

Conséquence

Le point de vue épistémologique que nous venons de présenter confirme le lien inextricable

ble qui existe entre la manière « efficace » d'apprendre et le statut épistémologique du savoir visé. L'enseignant a ainsi une double responsabilité épistémique : en conduisant son enseignement de manière à ce que ses élèves évoluent vers une vision « correcte » de la nature de la science, il leur permet de construire des savoirs pertinents.

On a ici un deuxième élément de réponse à notre question.

Second point de vue épistémologique : l'importance de la modélisation

Les conceptions épistémologiques contemporaines présentent la connaissance scientifique comme un ensemble organisé de principes métaphysiques, de théories et de modèles. La notion même de *fait* est relativisée : il n'existe pas de fait absolu puisque ce n'est qu'au travers d'une théorie qui lui donne sens et simultanément d'une reconnaissance sociale, qu'un fait existe. Le savoir opératoire, celui qui permet l'action et les comportements adéquats, est largement constitué de modèles. C'est ce savoir qui doit être construit avec et par les élèves. Deux remarques sont à faire ici : le statut de modèle des savoirs enseignés est souvent caché aux élèves si bien que ce savoir revêt à leurs yeux un caractère dogmatique et figé. Les conceptions des élèves, au moment où l'on aborde l'étude d'un nouveau domaine, constituent en elles-mêmes des prémodèles qu'il faut prendre en compte.

Pour appuyer ce propos, nous citerons Jean-Louis Martinand⁷ :

« Pour ceux que préoccupe l'éducation scientifique des jeunes, la question des rapports entre concret et abstrait, formel, celle de l'articulation entre expérimental et théorique, passe par la prise en compte des modèles, du rôle que nous voulons leur faire jouer, de la manière dont ils peuvent être appropriés. (...). Surtout, l'insatisfaction ressentie devant un enseignement dogmatique où les modèles sont présentés comme des évidences non questionnées, non rattachées à des problèmes, le rejet par les élèves de ce dogmatisme, la critique destructrice l'année suivante de ce qu'on a

introduit (atome de Bohr), incitent à réfléchir sur la manière dont on pourrait enseigner et faire apprendre la modélisation, c'est à dire la construction, l'adaptation, l'utilisation des modèles. » (P. 1 du document téléchargeable)

Conséquence

Enseigner les sciences ne peut donc se réduire à enseigner des faits. Construire du savoir, c'est essentiellement modéliser, c'est rendre les élèves conscients de ce qu'est un modèle et c'est les initier à la modélisation. On voit là un troisième élément de réponse à notre question.

Point de vue didactique : le modèle allostérique d'apprentissage

On considère généralement qu'il y a une forme d'isomorphisme entre la manière dont le savoir se construit au travers des générations et la manière dont il se construit dans la tête d'un apprenant. Ces considérations sur l'apprentissage trouvent bien sûr un fondement dans tout ce qu'ont apporté au début du siècle passé Jean Piaget et Gaston Bachelard notamment. Du reste la notion d'obstacle épistémologique est bien présente dans les discours actuels des didacticiens.

Nous avons fait allusion ci-dessus aux conceptions des élèves. Comme le dit André Giordan⁸ :

(...) tout savoir maîtrisé se situe tout à la fois dans le prolongement des acquis antérieurs qui fournissent le cadre de questionnement, de référence et de signification, et dans le même temps en rupture avec eux, du moins par détour ou transformation du questionnement.

En fait, tout apprentissage réussi est un changement de conceptions. (...)

Toute acquisition de connaissances procède d'activités complexes d'élaboration d'un apprenant confrontant les informations nouvelles et ses connaissances mobilisées et produisant de nouvelles significations plus aptes à répondre aux interrogations ou aux enjeux qu'il perçoit.» (Page internet)

Avec son « modèle allostérique » d'apprentissage, André Giordan nous propose une métaphore par laquelle il compare les mécanismes

de construction du savoir aux mécanismes de développement de certaines protéines. Celles-ci se construisent en changeant de forme et de fonction sous l'action du milieu et en offrant ainsi des sites sur lesquels de nouvelles molécules peuvent s'associer à un existant transformé.

Conséquence

Pour assurer les apprentissages de ses élèves, l'enseignant doit accéder à leurs conceptions et savoir contrôler l'évolution de ces conceptions. Il doit pouvoir créer et gérer des situations qui vont permettre cette évolution. Les considérations visant l'efficacité didactique (faire accéder les élèves à des connaissances qui puissent être réinvesties) rejoignent ici les considérations épistémologiques portant sur les mécanismes de construction du savoir scientifique.

Nous pouvons voir ici un dernier élément de réponse à notre question.

Concrétisation didactique

1 Définir des compétences attendues des élèves

Fixer des compétences et préciser les situations qui serviront à tester ces compétences est un moyen de s'assurer que le savoir construit est opératoire, que ce savoir peut être réinvesti dans des situations concrètes (la recontextualisation proposée par les psychologues cognitifs).

Il s'agit aussi de prendre en compte les objectifs généraux listés sous l'étiquette « compétences visées » dans le plan d'études vaudois (PEV), objectifs tels que « Pratiquer une démarche de type scientifique à partir d'une situation faisant problème (aller-retour entre question, hypothèse, expérience, essai, erreur, débat scientifique) » ou « Faire fonctionner un modèle pour élaborer des prévisions ou faire des calculs à partir de conditions définies ».

Annoncer aux élèves quelles compétences sont attendues d'eux et leur donner dès que possible une idée des situations dans lesquelles ces compétences devront se manifester, c'est leur permettre de se mettre en projet, c'est aussi indirectement permettre aux parents d'être associé au projet scolaire.

2 Approcher les contenus de manière intégrée et interdisciplinaire

Cette exigence relève également de la recherche du sens. Nous proposons de profiter de toutes les occasions possibles d'intégrer entre eux des contenus d'enseignement (listés sans liens dans le PEV).

- Premier exemple: anatomie et fonctionnement de l'œil (biologie, physiologie), *loi des lentilles* (physique), nature de la lumière et couleurs (physique).
- Second exemple: bilan énergétique (physique), digestion (chimie), assimilation (biologie) – tout cela sous l'étiquette commune de métabolisme.

A cela il faut ajouter toutes les occasions de travailler de manière interdisciplinaire sur des projets qui permettent d'atteindre simultanément des objectifs définis par disciplines dans le PEV. Il y en a entre les sciences et pratiquement toutes les disciplines scolaires.

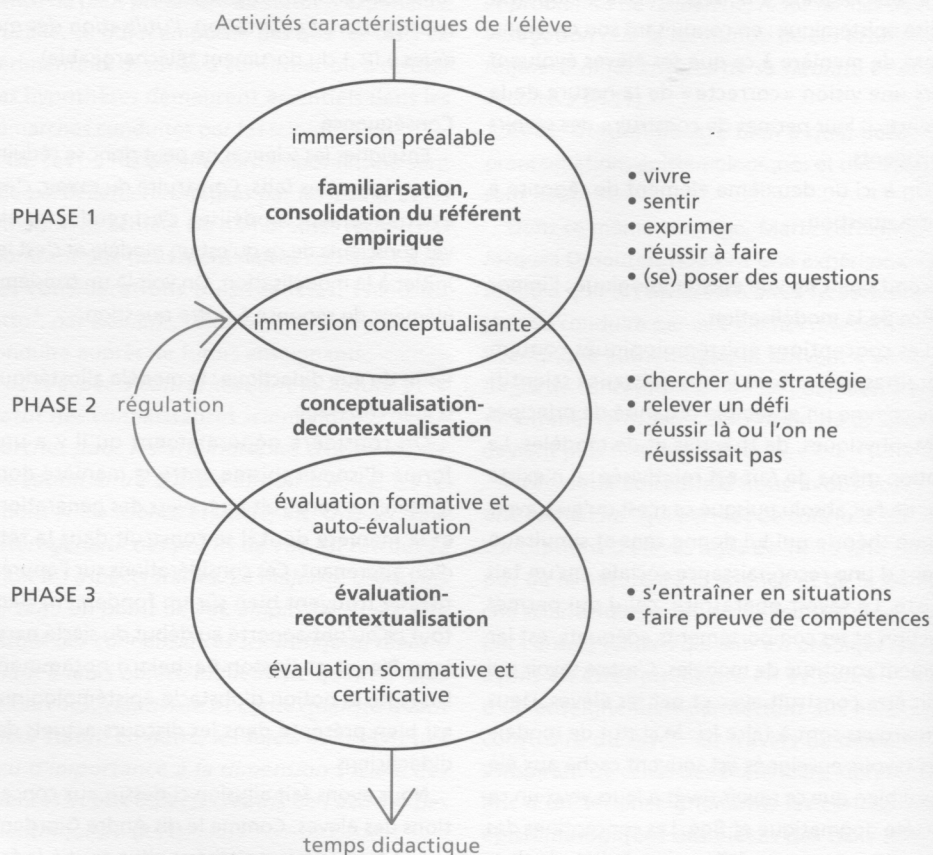
3 Structurer les séquences d'enseignement

Il est important qu'une séquence d'enseignement soit structurée de manière à faire apparaître les étapes de construction d'un savoir (voir encadré). Cela permet de clarifier les différents contrats didactiques qui se succèdent au cours de la séquence.

Il est en effet important que les élèves sachent, par exemple, que dans la *phase de conceptualisation*, les *erreurs* qu'ils commettent sont les bienvenues. Ces *erreurs* peuvent en effet être l'expression de conceptions légitimes, mais qui doivent être remises en cause. C'est dans la phase de conceptualisation que l'enseignant problématisé le savoir et c'est à l'issue de cette phase qu'une institutionnalisation peut avoir lieu.

Le plus souvent, les élèves ne sont pas prêts à se confronter sans autre aux tâches, problèmes ou défis qui leur sont proposés en vue de les conduire dans un travail de conceptualisation. Il leur manque un *réfèrent empirique*, un ensemble d'expériences et de savoir-faire. C'est pourquoi nous considérons qu'une phase d'immersion doit généralement être vécue par les élèves avant la phase de conceptualisation.

De l'immersion à la mise en œuvre de compétences Les phases d'une séquence d'enseignement



Modèle des trois phases d'une séquence d'enseignement proposé aux étudiants dans la formation à la didactique des sciences de la HEP Vaud

Cette *phase d'immersion* a aussi comme fonction de permettre à l'enseignant d'accéder à certaines conceptions des élèves et de susciter leur curiosité.

La phase d'*exploitation-recontextualisation*, troisième selon notre modèle, est celle des réinvestissements, de l'entraînement, des évaluations formatives et de l'évaluation sommative.

4 Rendre les élèves chercheurs

Il est très souvent possible de laisser les élèves chercher une stratégie, une loi, un « truc » qui

leur permette de résoudre l'énigme, de relever le défi qui leur est adressé. Nous insistons sur le fait que l'aboutissement de cette recherche n'est pas essentiel.

Très souvent, il est tout simplement impossible aux élèves de construire le savoir visé. Les obstacles sont trop importants. Ce qui est essentiel, c'est la « dévolution » (voir encadré p. 31) réussie du problème auprès des élèves, ce qui va les rendre attentifs à la solution donnée par l'enseignant ou par un média, ce qui va faire qu'ils vont recevoir cette solution comme un

« cadeau » et qu'ils vont se l'approprier pour la mettre en œuvre.

5 Donner de la place à l'idée de modèle

Le statut de modèle du savoir construit doit être explicite pour les élèves. De plus, il y a des occasions dans lesquelles on peut confronter les élèves aux limites d'un modèle, voire à la nécessité de l'améliorer ou même de le remplacer par un autre. Au-delà, on peut proposer aux élèves de construire eux-mêmes des modèles qui pourront rendre compte d'un ensemble de phénomènes observables.

6 Jouer avec les interactions sociales

Un grand nombre de dynamiques sont possibles au sein d'une classe ou entre différentes classes, qui permettent de favoriser les apprentissages et de mettre l'accent sur la dimension sociale de la construction du savoir. On peut créer des groupes de recherche et les faire communiquer, on peut faire interagir des classes ou des demi-classes, créer des débats, préparer des communications. Les tâches assignées aux groupes peuvent tantôt relever de la coopération et tantôt relever de la compétition.

On peut aussi sortir de l'école et mettre les élèves au contact d'experts (l'opticien du quartier, le garde-faune...).

7 Inclure des éléments d'histoire des sciences

Il est possible, dans une démarche pédagogique, d'inclure des documents faisant état d'épisodes d'histoire des sciences dans chacune des trois phases d'une séquence d'enseignement décrites ci-dessus. De tels documents peuvent en effet participer de l'immersion des élèves dans un thème donné, ils peuvent être des éléments d'une problématisation, ils peuvent aussi servir à construire une situation de mise en œuvre d'une compétence.

Des documents historiques peuvent contribuer à la mise en évidence d'obstacles épistémologiques. Ils peuvent contribuer à démystifier la science et les scientifiques en donnant aux élèves une meilleure conscience de la manière dont le savoir se construit. Il peut être tout à fait

profitable, par exemple, de faire lire aux élèves quelques chapitres de livres, tel que : Lentin, J.-P. (1994). *Je pense donc je me trompe - Les erreurs de la science de Pythagore au Big Bang*. Paris : Albin Michel.

Jean-Claude Noverraz
professeur formateur à la HEP Vaud.
Il est membre du réseau d'Epistémologie
et de Didactique des Sciences de
l'Université de Genève, dirigé par
le professeur André Giordan

Dévolution

Processus didactique qui conduit un élève à s'approprier un problème. Plus généralement, selon Guy Brousseau, c'est un « processus par lequel l'enseignant (...) cherche à ce que l'action de l'élève ne soit produite et justifiée que par les nécessités du milieu et par ses connaissances, et non par l'interprétation des procédés didactiques du professeur. La dévolution consiste pour l'enseignant, non seulement, à proposer à l'élève une situation qui doit susciter chez lui une activité non convenue, mais aussi à faire en sorte qu'il se sente responsable de l'obtention du résultat proposé, et qu'il accepte l'idée que la solution ne dépend que de l'exercice des connaissances qu'il possède déjà. L'élève accepte une responsabilité dans des conditions qu'un adulte refuserait puisque s'il y a un problème puis création de connaissance, c'est parce qu'il y a d'abord doute et ignorance. C'est pourquoi la dévolution crée une responsabilité mais pas une culpabilité en cas d'échec ».

(Glossaire en ligne: http://dipmat.math.unipa.it/~grim/Gloss_fr_Brousseau.pdf)

¹ Voir par exemple la page tecfa.unige.ch/staf/staf-g/nova/staf15/theo.html du site Internet TECFA de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation de l'Université de Genève, page sur laquelle on trouve un résumé sur la « cognition située » et qui donne des références.

Voir aussi ce qu'en dit Jonnaert sur http://www.ibe.unesco.org/cops/Competencies/observ_critiq.pdf.

² Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée Sauvage, p.279.

³ Un ouvrage présente de manière synthétique les apports de Karl Popper (1902-1994), Imre Lakatos (1922-1974), Thomas Kuhn (1922-1996) et Paul Feyerabend (1924-1994). Il s'agit de : Chalmers, A. (1991). *La fabrication de la science*. Paris : La Découverte.

⁴ Roletto, E. (1998). *La science et les connaissances scientifiques : points de vue des futurs enseignants*. Aster, 26, 11-30. Paris : INRP.

⁵ Larochelle, M., Desautels, J. (1992), *Autour de l'idée de science - itinéraires cognitifs d'étudiants*, Québec : Les presses de l'Université Laval & Bruxelles : De Bœck Université.

⁶ Noverraz, J.-C., Parisod, J. M., Chabloz, B. (2006). L'idée de science chez des écoliers du secondaire en lien avec l'enseignement reçu. Formations et pratiques d'enseignement en questions, Revue des HEP de Suisse romande et du Tessin, 4, 305-334. Neuchâtel : CDHEP.

⁷ Martinand, J.-L. (1998). *Introduction à la modélisation*. Conférence donnée à l'E.N.S. de Cachan. Actes de l'Université d'été. Paris : INRP (Conférence téléchargeable à l'adresse : <http://www.inrp.fr/Tecne/Rencontre/Univete/TicPdf/Modelisa.pdf>).

⁸ Giordan, A. (2006) Les nouveaux modèles pour apprendre - Modèle allostérique d'apprentissage, <http://www.lides.unige.ch/publi/rech/depConstruct/depConstruct.htm>

Giordan, A. (1988) *Apprendre ! Débats* Paris : Belin.