

PRISMES / REVUE PÉDAGOGIQUE HEP / N°6 / MAI 2007

# PRISMES

## SCIENCES ET MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE

CONNAÎTRE

COMPRENDRE

ORDONNER

LE MONDE

||| HEP  
VAUD

- **Edito**

---

Valoriser les disciplines scientifiques le comité de rédaction, avec la collaboration de Jean-Christophe Decker 3

---

- **1 | POURQUOI LES SCIENCES A L'ECOLE ?**

---

Enseigner les sciences. Où est le problème? Paul Avanzi 4

---

Faut-il supprimer les sciences à l'école ? André Giordan 8

---

Des clés pour l'intelligence du monde Philippe Barraud 11

---

« Apprivoise-moi ! » dit le renard : une approche de la connaissance de l'environnement en enseignement spécialisé Denis Baeriswyl 12

---

L'enfant chercheur aujourd'hui, citoyen responsable demain Charles-Etienne Vullioud 16

---

De la physique ? Faut-il aujourd'hui encore, enseigner la physique au gymnase en dehors des options ? Eric Lindemann 19

---

La formation d'ingénieur et l'enseignement des sciences Pierre-André Besse 23

---

La dimension épistémologique en didactique des sciences Jean-Claude Noverraz 27

---

Standards de formation pour les sciences naturelles en Suisse : un progrès ? François Gingins 32

---

- **2 | MATHEMATIQUES ET SCIENCES**

---

Les mathématiques font-elles partie des sciences ? Pierre-Marie Pouget 36

---

Faut-il enseigner les disciplines scientifiques à l'école ? Armin Kressmann 41

---

- **3 | LES MATHS DU CYCLE INITIAL AU GYMNASSE**

---

Activité mathématique au cycle initial ou comment introduire la notion de régularité géométrique Elisabeth Stierli et Chantal Tièche Christinat 42

---

Pourquoi les maths à l'école ? Pour simplifier la vie ? Stéphane Clivaz 46

---

Les maths et moi Valérie Uhlmann, Lucile Franz, Lilly Khamsy 49

---

Transition secondaire I – secondaire II en maths : un dialogue Stéphane Clivaz et Michel Deruaz 51

---

Et chez vous les maths, ça va comment ? Chantal Tièche Christinat 54

---

Comparaison Vaud–Fribourg pour les heures de maths Michel Deruaz 59

---

- **4 | APPROCHE DE L'ENVIRONNEMENT**

---

Ce n'est pas aux enfants d'éduquer leurs parents Marguerite Schlechten Rauber 61

---

Enseigner les sciences pour respecter l'environnement Jean-Michel Favez 64

---

- **ENCORE...**

---

Deux étudiants *Erasmus* en économie à la HEP Vaud Claude Othenin-Girard 65

---

- **DES RESSOURCES...**

---

*L'Espace des Inventions* Valentine Lugin 67

---

Le centre *Pro Natura* de Champ-Pittet (VD) Régine Clottu 68

---

- **COUP DE CŒUR : PRÉSENTATION DE LIVRES**

---

69

---

- **ABONNEMENT**

---

Prochain numéro, contacts et site web, café pédagogique 71

---

# VALORISER LES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES

Pour ce sixième numéro éclos au printemps, davantage centré sur des questions didactiques, *Prismes* aborde l'enseignement des mathématiques et des sciences. Comme à propos de *l'art à l'école*, on peut s'interroger sur l'utilité de ces disciplines. C'est la raison de la question posée par la première partie de ce numéro: *Pourquoi les sciences à l'école?*

Plusieurs auteurs sont plutôt négatifs concernant l'apport de l'enseignement des sciences. On a le sentiment d'avoir fait fausse route en considérant ces branches comme semblables aux autres. On se trouve face à des paradoxes: favoriser le tâtonnement expérimental et au bout du compte, évaluer et sanctionner quand même; mettre en valeur le rôle de l'erreur, mais malgré tout se sentir en tant qu'enseignant investi de la mission de faire réussir les élèves. Contrairement à la course effrénée à l'efficacité, typique de notre société, ne faudrait-il pas aborder l'enseignement des sciences en laissant s'exprimer la curiosité et l'esprit de découverte, la démarche de recherche et l'éveil à l'environnement?

Mais comment se produit cette évolution qui décourage les élèves?

Si, chez les jeunes élèves, on rencontre une fraîcheur, un enthousiasme et une curiosité pour participer aux activités scientifiques et pour découvrir l'environnement qui les entoure, plusieurs auteurs mentionnent que cette attitude positive a tendance à s'éroder au fil du temps. Est-ce parce que le contenu devient plus ardu et moins ludique? Ces disciplines deviennent-elles trop austères ou trop abstraites? Est-ce en lien avec le développement de l'enfant qui se transforme en adolescent? En effet, les besoins des élèves diffèrent en fonction de leur âge. Les plus petits se posent souvent des questions sur les causes des phénomènes qu'ils observent. A l'âge de la fin de la scolarité ou du gymnase, les jeunes ont tendance à avoir des interrogations philosophiques, et souvent les sciences ne leur donnent pas de réponse. Certains élèves se classent alors dans la catégorie des nuls en

maths ou en sciences, en ayant une mauvaise image de leurs capacités, surtout encore des jeunes filles!

Dans les deux premiers articles introductifs, les auteurs essaient d'identifier les causes de ces difficultés et de donner des pistes de travail. Puis des éclairages intéressants sont apportés sur la façon de rendre la physique accessible à des élèves de l'enseignement spécialisé. Dans une ligne similaire, une réflexion est proposée sur des démarches d'enseignement de la physique à des élèves littéraires au gymnase. L'auteur ne s'arrête pas alors à l'idée (ou au préjugé!) qu'il puisse exister des profils de scientifiques, de mathématiciens, ou de littéraires!

Plein feu sur la didactique, auprès des jeunes élèves tout d'abord, qui ont besoin d'expérimenter pour comprendre des notions de capacité, ou pour réaliser une recette de petits pains, et sur l'épistémologie des sciences dans un article qui nous propose une approche méthodique appuyée par la recherche. Sur un plan plus large, *HarmoS sciences naturelles*, projet d'harmonisation de l'école obligatoire, mène actuellement une recherche de grande envergure au niveau suisse pour élaborer des standards nationaux de formation.

Pour interroger le lien entre sciences et mathématique, un philosophe donne son point de vue et introduit une partie consacrée aux mathématiques.

Au cycle initial, une démarche originale présente une séquence didactique en géométrie avec des aspects liés à l'espace et à la numération. De plus apparaît une collaboration fructueuse entre deux étudiantes et deux professeures formatrices. Dans les cycles primaires, l'enseignement des nouveaux moyens de mathématiques semble ne pas avoir atteint encore les niveaux attendus: c'est ce que présente la recherche *Mathéval*, qui s'interroge aussi sur la signification des résultats et sur des mesures possibles de remédiations. Au secondaire I, une réflexion intéressante suggère que les mathé-



matiques pourraient simplifier la vie. Puis, lors du passage du secondaire I au gymnase (phase délicate comme toute transition en milieu scolaire!), les auteurs proposent de privilégier l'organisation de rencontres entre enseignants de maths pour favoriser le dialogue.

Une approche respectueuse de l'environnement complète ce numéro par la présentation du *Réseau-écoles de sensibilisation à la gestion des déchets*, qui annonce pour *Prismes 7* un apport plus complet sur l'Education au développement durable.

Avec encore des idées de ressources *Prismes 6*, comme ses aînés, présente une grande variété de contributions et de réflexions critiques qui, nous l'espérons, permettront un débat constructif.

**Le comité de rédaction**  
Avec la collaboration  
de Jean-Christophe Decker

DANS LA PREMIÈRE PARTIE, NOUS ABORDONS LA QUESTION ICONOCLASTE: FAUT-IL ENSEIGNER LES SCIENCES À L'ÉCOLE? PRISMES ESSAIE AINSI DE SUSCITER LA RÉFLEXION SUR LA DÉSAFFECTATION DES BRANCHES SCIENTIFIQUES, SUR L'IMPORTANCE D'UN RAISONNEMENT AUTONOME, DE LA CRÉATIVITÉ ET DES COMPÉTENCES CITOYENNES POUR LIRE LE MONDE. TOUS LES SECTEURS DE LA FORMATION SONT CONCERNÉS, DU CYCLE INITIAL À L'EPFL.

## ENSEIGNER LES SCIENCES : OÙ EST LE PROBLÈME ?

Isabelle n'aime pas les sciences, comme moi je n'aimais pas les fraises avant d'y avoir goûté. La différence, c'est que pour goûter une fraise, il suffit de la mettre dans sa bouche, tandis que pour goûter aux sciences, c'est plus compliqué.

Plus tard, pour cuisiner un bon dessert aux fraises, Isabelle devra s'entraîner, recommencer, apprendre beaucoup de techniques souvent très étrangères aux fraises, mais l'anticipation du goût de ce dessert qu'elle a déjà goûté est une motivation importante. Il sera bien moins évident de motiver Isabelle pour surmonter les nombreuses difficultés liées à la pratique des sciences expérimentales.

Pour effleurer en quelques lignes cette vaste question, je propose un essai<sup>1</sup> en quatre parties:

*La curiosité - Les sujets qui motivent les élèves - Les sujets nécessaires pour « lire le monde » - Alors quoi faire ?*

### La curiosité

Si je devais ne retenir qu'un argument pour cet article, ce serait certainement celui-là. La question la plus importante qu'un maître doit se poser à l'issue d'un cours de sciences est: « La curiosité des élèves a-t-elle été stimulée? A-t-elle augmenté? » Si oui, l'essentiel est fait, sinon la leçon est ratée... et j'en ai raté beaucoup!

Selon l'âge des élèves, on devrait plutôt parler de *libérer leur spontanéité* que de *stimuler leur curiosité* car cette dernière existe d'avantage qu'il n'y paraît.

Au début des années nonante, à la recherche

d'une rédaction de programme intelligible, Jean-Christophe Decker et moi-même, en ce temps-là conseillers pédagogiques, avons proposé une série de 30 à 40 questions que les élèves pourraient eux-mêmes se poser afin de rendre plus intéressantes (plus attractives) des notions scientifiques souvent ardues, par exemple: « D'où vient le vent? Comment attrape-t-on une maladie? A quoi servent les fleurs? Comment fonctionne un photocopieur? Pourquoi un œuf de truite donne naissance à une truite?... »

J'ai, depuis lors, systématiquement utilisé un tel catalogue de questions pour présenter les objectifs de l'enseignement des sciences expérimentales à mes nouvelles classes. Cela permet d'évaluer la curiosité des élèves parfois impatientes – et parfois aussi indifférentes – de connaître la réponse à telle ou telle question et surtout d'en rajouter d'autres qui les intéressent. Il est important de mesurer cette curiosité car elle est souvent muselée par des préjugés, par la peur de « dire faux » ou de « poser une question bête ». Cela permet aussi de situer d'entrée et clairement les limites qu'il faudra mettre à son enseignement pour éviter de s'embarquer dans des notions hors de portée des élèves.

### Les sujets qui motivent les élèves

Il ne s'agit pas ici de tomber dans la démagogie.

On doit bien admettre que les sujets intéressants qui pourraient utilement servir de supports pour aborder les grands thèmes des pro-

grammes sont si nombreux qu'aucune dotation horaire ne permet d'espérer les travailler tous. Il est donc pertinent de choisir d'abord ceux qui stimulent naturellement l'attention des élèves. J'ai d'ailleurs constaté que lorsque le siphon de l'intérêt est amorcé, il permet de traiter des questions qui sont ressenties comme totalement rébarbatives si on les aborde d'emblée.

Les sujets qui motivent les élèves sont ceux qui concernent leur vie quotidienne, par exemple ce qui est lié aux maladies qui les touchent eux-mêmes ou leurs proches – au fonctionnement et/ou aux dangers des appareils qui les entourent – au comportement des animaux qu'ils apprécient – aux débats qui, selon leur âge, les intéressent (économies d'énergie, pollution, libéralisation du cannabis...).

L'objection de la contrainte du programme est lancinante, mais c'est un faux problème. Lorsque les leçons sont conditionnées par les intérêts des élèves et que leur attention est à un bon niveau, la nécessité de se donner des outils pour aborder ces questions (ou un de leurs aspects) est naturelle et le lien avec le programme (si ce dernier est raisonnable!) l'est tout autant. Ceux qui ont de l'expérience savent de quoi je parle, mais voici tout de même un exemple :

*On souhaite savoir comment utiliser en Suisse des guirlandes de Noël achetées aux USA où elles sont prévues pour fonctionner avec un courant alternatif de 110 volts; on peut aisément construire, d'abord expérimentalement, puis par un modèle plus quantitatif, une séquence d'enseignement qui aboutit à la loi d'Ohm, un pilier classique des cours sur l'électricité. L'application effective aux guirlandes est possible, mais on veillera à mettre les élèves en garde et à les informer sur le respect des règles de sécurité qu'il est de toute manière très utile d'aborder!*

### Les sujets nécessaires pour « lire le monde »<sup>2</sup>

Comprendre et communiquer correctement dans notre environnement est certainement l'objectif le plus important de la formation scolaire. Pour le domaine des sciences expérimentales, cette mission est d'une importance majeure, car elle devrait donner les compétences pour



réagir intelligemment face aux défis de l'environnement naturel et technique.

La science du début du XX<sup>e</sup> siècle est basée sur un nombre limité de concepts fondamentaux (moins de dix à mon avis) qui sont parfois très récents; le code génétique, par exemple, est un concept qui a révolutionné la biologie et qui n'est guère plus âgé que l'auteur de ces lignes... J'en cite quelques uns :

- les types d'interaction de la matière (pesantier – électromagnétisme – forces nucléaires...);
- la structure particulaire de la matière;
- le code génétique et la théorie de l'évolution;
- les principes de conservation, notamment de la matière et de l'énergie;
- la « méthode scientifique ». Même si cette notion est parfois à géométrie variable, elle recèle néanmoins un socle de rigueur et de référence à l'expérience qui la rend incontournable dans un cours de sciences.

On ne devrait jamais oublier de citer aussi des questions qui n'ont pas encore de réponse

ou qui sont hors du domaine d'application des sciences expérimentales:

- Dieu existe-t-il?
- Quelle est l'origine de l'Univers et que deviendra-t-il?
- Qu'est-ce que la vie et existe-t-elle seulement sur la Terre?
- Presque toutes les questions qui commencent par « Pourquoi...? »

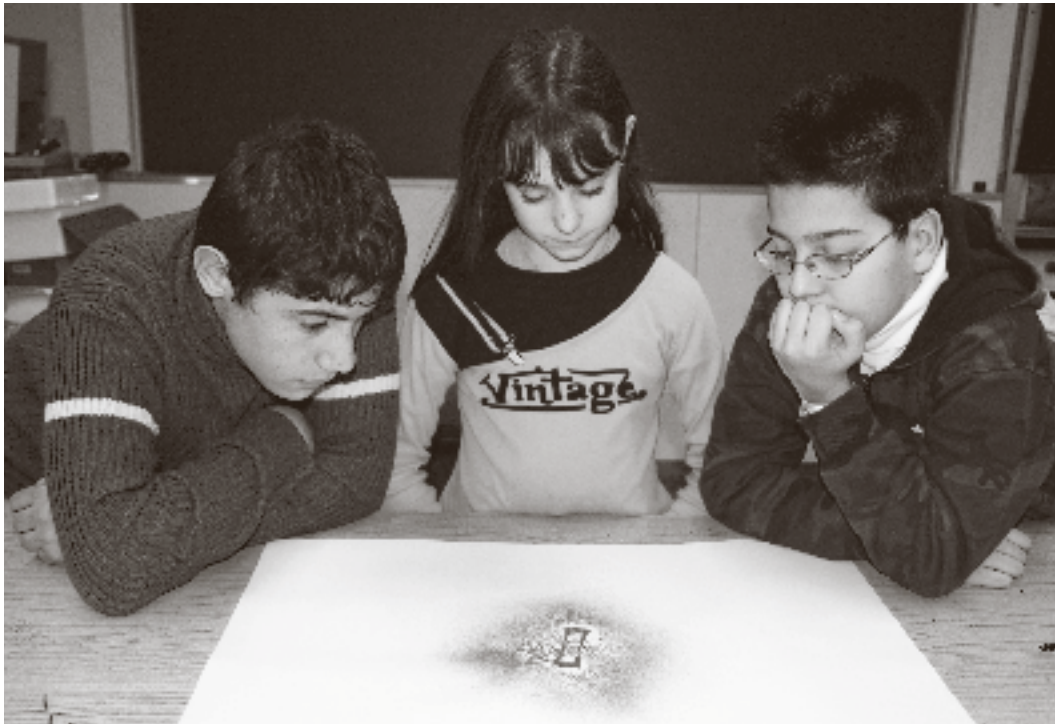
### Alors quoi faire ?

Une séquence édifiante tirée du jeu télévisé intitulé « Qui veut gagner des millions ? » montre un candidat hésiter pour savoir si c'est la Lune ou le Soleil qui tourne autour de la Terre. Le candidat demande l'aide du public qui vote en majorité pour le Soleil. Cette anecdote est éclairante pour plusieurs raisons :

1 Ce public est formé de personnes qui ont certainement été à l'école, pour la plupart en France, un pays sans doute parmi les plus *instruits*. André Giordan décrit bien ce phénomène qui consiste à apprendre comme une

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

ENSEIGNER LES SCIENCES : OÙ EST LE PROBLÈME ?



poésie une connaissance qui n'est pas ancrée dans un système de repères solides et qui sera donc rapidement oubliée et remplacée par la représentation naturelle confirmée par l'observation : c'est bien le Soleil qui nous tourne autour.

- 2 La télévision, même si elle nous offre des programmes affligeants, a jugé que c'était une question pas si évidente. Dans ce jeu, on ne demande pas combien de pattes ont les poules par exemple.
- 3 Le candidat se serait probablement plus facilement rappelé que Galilée a été jugé pour avoir prétendu que c'était la Terre qui tournait autour du Soleil et il n'a pas été capable de mettre ses connaissances en cohérence; la culture est compartimentée. Nike est une marque de chaussures, mais qui fait le lien avec la déesse grecque Athéna Niké<sup>3</sup>, représentée comme une divinité ailée, capable de se déplacer à grande vitesse, symbole de la victoire ?  
Il y a une quinzaine d'années (déjà !) M. Rafel

Carreras, scientifique connu en Suisse romande surtout pour ses qualités de vulgarisateur dans les médias, donnait régulièrement des conférences sur l'actualité des sciences. Ces exposés, donnés au CERN et à l'origine destinés aux journalistes, ont rapidement connu un grand succès et un public de tout âge venait chaque mois remplir un auditoire de plusieurs centaines de places pour nonante minutes de voyage à travers l'actualité de la recherche scientifique de l'infiniment grand à l'infiniment petit. La qualité de ces conférences était extraordinaire !

A la question « quel est votre secret pour préparer des conférences si intéressantes ? » il avait, avec modestie et une certaine réticence aux recettes, répondu par trois principes que je vous redonne ici tels que je les ai adaptés à la pratique de mon enseignement, tout en espérant ne pas en avoir trahi l'esprit.

*Le premier principe* consiste à définir les mots qu'on emploie. Il ne s'agit pas de donner une définition rigoureuse, mais d'en donner autant que possible et de dire ensuite laquelle sera uti-

lisée dans la leçon qui suit. Cette manière de faire permet, si les définitions sont rédigées à partir d'un dialogue avec les élèves, de déceler toute une série de représentations<sup>4</sup> et d'éliminer d'emblée bon nombre de malentendus. Il arrive que cette opération prenne plusieurs leçons à cause du nombre et de l'importance des questions qu'elle soulève; cela montre que les élèves n'étaient pas prêts pour l'explication telle qu'on voulait la donner...

*Le deuxième principe* consiste à réduire ses ambitions à l'essentiel. Il s'agit, plutôt que d'apporter la science aux élèves, d'essayer de leur enlever la peur qu'ils ont de ne jamais parvenir à y comprendre quelque chose. En effet l'idée que les sciences, comme les mathématiques d'ailleurs, sont réservées à un nombre restreint d'élus qui ont « la bosse des maths » (ou l'équivalent en sciences) est encore bien répandue. On constate que lorsque les élèves ont pris confiance, ça va presque tout seul.

*Le troisième principe* est le plus simple et le plus difficile à appliquer. Il s'agit de savoir renoncer à aborder des sujets qui ne sont pas à la portée des élèves.

On pourrait ajouter bien des éléments avant de prétendre avoir épuisé les aspects didactiques de l'enseignement des sciences. Sans les développer, j'en citerai quelques-uns parmi les plus importants:

- Situer le développement des modèles dans le cadre de l'histoire des sciences.
- Mettre en évidence les limites du champ d'application des sciences expérimentales qui ne sont pas – et n'ont jamais prétendu être – capables de répondre à toutes les attentes de l'humanité.
- Développer les outils mathématiques en fonction, plutôt qu'en prévision, des besoins;
- Répondre, autant que possible, à une question en renvoyant à une expérience plutôt qu'à une formule.
- Accorder une attention constante et soutenue à la rigueur dans les méthodes de travail intégrant les notions d'incertitude de mesure, d'ordre de grandeur et de précision dans l'observation.

- Commencer par la modélisation au niveau qualitatif des phénomènes observés avant d'aborder la modélisation quantitative mathématique.

Pour en venir à la question posée par le titre de cette dernière partie, la première chose à faire, c'est certainement *de revoir nos ambitions à la baisse en quantité et à la hausse en qualité*. Je veux dire par là qu'il ne sert à rien d'aborder des notions complexes si les bases ne sont pas solides et qu'il ne sert à rien d'accumuler des connaissances si elles ne sont pas rattachées à d'autres connaissances, ou mieux, à une ou plusieurs expériences personnelles.

On devrait aussi *se méfier de l'implicite*. Pourquoi serait-il évident que lorsqu'on dessine une flèche au tableau noir l'élève saura décoder seul s'il s'agit d'une flèche, d'un vecteur, d'une force, d'une vitesse, d'une accélération, d'une pression, d'une trajectoire ou simplement d'un lien entre deux choses que le maître a notées sur ce même tableau et qu'il veut mettre en relation ? Si on y réfléchit, l'élève qui décode spontanément et correctement devrait davantage nous étonner que celui qui s'égare parce qu'il lui manque de l'information. *Demander systématiquement aux élèves de reformuler ce qui a été expliqué* permet de déceler bien des lacunes et y remédier prend beaucoup de temps, mais c'est du temps bien investi.

L'ambition d'un maître est certainement une bonne chose, mais elle est néfaste lorsqu'elle se manifeste face aux collègues plutôt que face aux élèves. Il m'est en effet arrivé à plusieurs reprises de constater que la rédaction des questions d'examen, par exemple, est davantage conditionnée par la volonté d'être reconnu par ses collègues que par le souci *de vérifier si les bases sont solidement acquises par les élèves*. Il est vrai que c'est moins spectaculaire de vérifier les bases, mais tellement plus important !

*Partager ses expériences, ses craintes, ses échecs et ses succès avec ses collègues* est une pratique qui semble augmenter, mais qui est encore trop rare. On peut certainement comprendre que la gestion d'un temps plein avec les contraintes horaires et l'augmentation

des tâches administratives rend les moments d'échanges difficiles à planifier, mais cela en vaut vraiment la peine. Des échanges ouverts permettent de désamorcer les craintes certainement compréhensibles – mais tout aussi certainement infondées – de ne pas être à la hauteur des attentes des collègues, du chef de file ou de la direction, de montrer qu'on a des lacunes dans ses propres connaissances – ce qui est forcément le cas dans un domaine comme les sciences – et d'être pris en flagrant délit d'avoir enseigné quelque chose de faux (ce qui arrive forcément, mais peut durer si on ne communique pas assez !).

*Mettre les élèves en contact avec l'expérience de la réalité.*

Cela peut se réaliser de plusieurs manières :

- les travaux pratiques ;
- les sorties sur le terrain pour l'observation de la nature ;
- les sorties pour visiter des expositions ou des musées ;
- le visionnement d'émissions de télévision, des documentaires didactiques ou des expériences filmées parce qu'impossibles à réaliser dans une école ;
- la lecture d'articles de presse sur l'actualité pour en décoder l'aspect scientifique ;
- faire intervenir en classe une personne qui travaille dans un domaine en relation avec le sujet étudié (par exemple un ingénieur d'une usine d'aluminium pour expliquer les problèmes à résoudre pour obtenir ce métal à partir de minerai, et c'est encore mieux si on peut aller sur place...).

L'enseignement des sciences a une responsabilité importante dans la formation des jeunes, car la société a besoin d'une proportion aussi importante que possible de citoyennes et de citoyens capables de raisonner de manière autonome, et surtout de résister à la *pensée magique* qui prend bien trop d'ampleur dans le discours des responsables économiques et politiques. Par *pensée magique*, j'entends l'argumentation qui consiste à remplacer un fait vérifié expérimentalement par l'affirmation d'une conviction sincère et profonde capable, par sa seule sincérité

et profondeur, de modifier la réalité.

Ce n'est cependant pas la foi qui déplace les montagnes, c'est la tectonique des plaques !

Paul Avanzi

*biologiste de formation, d'abord enseignant au secondaire I, puis conseiller pédagogique pour l'enseignement de la physique, il a enseigné au secondaire II avant de prendre la direction du Gymnase de Chamblandes, à Pully (VD). Il est co-auteur de plusieurs ouvrages sur la physique et la chimie.*

<sup>1</sup> Définition du Petit Robert : « Ouvrage littéraire en prose, de facture très libre, traitant d'un sujet qu'il n'épuise pas. »

<sup>2</sup> Le monde naturel et technique qui nous entoure nous offre quotidiennement des sources d'étonnement et de questionnement. L'homme forge spontanément des réponses à ces questions ; ces réponses sont très souvent erronées mais cohérentes et difficiles à remettre en question. L'aptitude à lire le monde naturel et technique qui nous entoure avec des bases scientifiques solides est une compétence précieuse que nous devons essayer de développer chez nos élèves.

<sup>3</sup> La Victoire de Samothrace, célèbre statue exposée au Louvre, est une représentation d'Athéna Niké ; on peut aussi rappeler qu'une réplique en réduction de cette statue orne les bouchons de la calandre des Rolls Royce.

<sup>4</sup> Il faut ici comprendre le terme de « représentations » au sens défini dans les publications d'André Giordan, professeur au Laboratoire de didactique et d'épistémologie des sciences – LDES <www.ldes.unige.ch> – de l'Université de Genève.

## FAUT-IL SUPPRIMER LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

Puisque votre revue me demande s'il faut supprimer les sciences à l'école, je répondrais : oui ! Oui, sans hésiter. Oui, si nous ne changeons pas rapidement l'approche des sciences, notamment au secondaire... Et je répondrais ainsi en tant que scientifique *pur et dur* (je fus dans une première vie spécialiste d'endocrinologie et de neurophysiologie) et en tant qu'épistémologue des sciences. Bien sûr, une telle réponse va choquer mes collègues enseignants, surtout ceux qui réalisent nombre d'innovations motivantes ou ceux qui au quotidien tentent de faire le programme au mieux avec le plus de sérieux possible. Je m'en excuse par avance auprès d'eux. Si je propose une telle réponse, ce n'est pas pour les provoquer ou les offenser, ce n'est pas non plus pour « casser du prof » comme le font parfois les politiques ou les journaux ; c'est au nom de la jeune génération. Non seulement nous ne leur apprenons pas grand-chose en sciences, en tout cas pas l'essentiel, mais surtout nous les en dégoûtons...

Mon jugement très direct, peut-être trop, est le fruit d'un ensemble d'évaluations de cet enseignement. En effet, que reste-t-il chez les jeunes, y compris chez ceux qui ont réussi une scolarité débouchant sur une maturité ? Qu'ont-ils réellement appris ? En termes de connaissances bien sûr, mais également en termes de démarches ou d'esprit scientifique ? Qu'en font-ils ensuite sur un plan personnel, professionnel ou sur un plan citoyen, face aux enjeux de notre société ?

Chaque année, nous organisons à l'université des tests sur le niveau des étudiants en sciences, deux ans après la maturité. Les résultats ne laissent aucune place au doute ; en tout cas, ils nous interrogent fortement. Prenons l'ADN en biologie, un sujet largement enseigné et fortement médiatisé. Deux à trois ans après la maturité, on constate que les étudiants n'ont retenu qu'une

vague image de double hélice. Ce *peu* de savoir n'est pas opératoire, les confusions sont multiples entre gènes, chromosomes et ADN ; de même les liens avec la fabrication des protéines sont peu évidents (voir schéma ci-joint).



Evaluation portant sur : *qu'est ce qu'un gène ?* (étudiants université de Genève)

En physique, ils se souviennent de quelques formules, de même qu'en chimie. Toutefois leur signification, leur domaine d'application leur sont largement inconnus. Ainsi il leur est difficile de distinguer force, énergie, travail et puissance. Et les obstacles sont partout, à commencer dans les niveaux d'organisation de la matière. Il n'est pas rare de trouver des cellules dans les atomes ou ces derniers dans les particules élémentaires !

A la limite, ces questions de connaissances ne sont pas les plus graves. Ce qui chagrine en premier est surtout le sentiment d'ennui et de désintérêt qui ressort de leurs entretiens. L'enseignement des sciences tel qu'il leur a été pratiqué décourage, voire dégoûte la plupart des jeunes. Nombre d'heures de cours sont jugées « rébarbatives », voire « imbuables »... L'acquisition d'une démarche proprement scientifique est évacuée au profit de l'apprentissage de définitions et de procédés standards<sup>1</sup>. Ils disent y



apprendre « des formules toutes faites » au détriment d'une réflexion personnelle. Ils y accumulent des « sommes de détails, mais... on ne comprend rien »<sup>2</sup>.

Bref, l'enseignement est jugé « trop obscur » : c'est une « science coupée du réel » et qui n'introduit pas aux « modes de pensée pour affronter le monde de demain ». « On n'y apprend pas les repères pour notre époque ». Dès lors, la démotivation s'installe et... les mêmes erreurs se perpétuent de la maternelle à l'université.

Plus grave encore, l'éducation scientifique est jugée comme une fabrique d'exclusions : de nombreux adolescents et jeunes adultes ne voient en elle qu'un facteur de sélection scolaire, par l'échec, au même titre que les mathématiques.

### Des étudiants en chute libre

Rien d'étonnant alors que le nombre d'étudiants dans les branches scientifiques soit partout en diminution. Et pas seulement en Suisse... La physique devient la branche la plus sinistrée : en Allemagne, on constate une diminution de moitié des inscriptions en physique en 10 ans, en France, moins 12% chaque année. En Grande-Bretagne, la situation devient franchement alarmante et le renouvellement des chercheurs n'est plus assuré.

Pourtant, les très jeunes enfants aiment les sciences et sont enthousiastes. Observons le succès des activités de découverte extra-scolaires et autres fêtes comme les *miniU*, les *miniLabs*, les *Nuits de la science* à Genève, l'*Espace des inventions* à Lausanne... Que se passe-t-il ensuite ? Les enquêtes, réalisées en Europe, montrent que les sciences font aujourd'hui partie des matières scolaires les moins appréciées. L'école ne peut certes pas tout expliquer à elle seule. Elle vit les conséquences d'un mouvement plus général. La science ne fait plus rêver ; les icônes populaires ne sont plus Einstein ou Pasteur<sup>3</sup>. La croyance dans un lien indéfectible entre progrès scientifique et progrès humain s'est effondrée. Les découvertes, notamment dans le domaine des biotechnologies et de la médecine, continuent au même rythme que dans la seconde moitié

du XXe siècle, toutefois le sentiment qu'elles améliorent la vie des gens et les protègent de la nature et des catastrophes recule.

Aujourd'hui, les sciences semblent d'abord servir une certaine forme d'économie de profits ; les arguments en leur faveur sont fortement entachés de compétitivité industrielle aveugle dans une économie de marché mondialisée. Ces opinions défavorables sont particulièrement présentes dans le domaine de la physique et de la chimie, et très souvent associées aux grandes catastrophes récentes : Tchernobyl, Bophal, le sang contaminé, la vache folle, l'amiante, etc.

En Suisse, l'image de la science pour la majeure partie de la population devient totalement paradoxale. Les sciences sont autant considérées comme sources de progrès que de chômage ou de terreurs, et les scientifiques, sauf rares exceptions, animés tant par la volonté de partager le savoir que par des velléités de domination. De fait, la neutralité et l'indépendance des chercheurs sont fortement remises en cause. Il est vrai qu'au cours de ces trente dernières années, les scientifiques – sauf exceptions notables – se sont eux-mêmes isolés ; marginalisés par les médias<sup>4</sup>, ils se sont coupés de la société et de la culture. Le retour des superstitions, la recherche d'explications simples et rassurantes face à la complexité du monde sont le pendant du recul de la force explicative de la science et de l'adhésion collective à ses travaux. Cette absence de réflexion et de débat au sein de la communauté scientifique a favorisé le développement de l'irrationalité<sup>5</sup>.

### Des solutions sont possibles

A partir de ce constat, peut-être trop sévère mais bien réel, que pourrait-on faire pour que l'enseignement scientifique réponde mieux à ses objectifs : transmettre à la fois des savoirs et de la culture et permettre de former des citoyens éclairés ? Certes, il ne peut y avoir de remède miracle, cela se saurait... Toutefois rien n'est perdu, notamment si l'on travaille de concert et de façon croisée dans plusieurs directions. D'abord, il s'agit de tenter de changer la manière de transmettre. Certains enseignants plai-

dent pour une place plus grande faite à l'expérimentation, d'autres pour le projet, le défi, le jeu, l'histoire, les liens entre science et société, le recours aux techniques de l'information et de la communication (les fameuses TIC) ou encore l'intervention directe de chercheurs dans les classes... Presque tous s'accordent sur l'importance de la démarche expérimentale, notamment au travers la pratique de la *Main à la pâte* ou de son prolongement romand *Penser avec les mains*, une approche que les anglo-saxons privilégient depuis une trentaine d'années avec la pédagogie des *hands on*.

Nous ne voudrions pas freiner les enthousiasmes ! Le recours à l'expérience semble indispensable, mais nos recherches en didactique montrent les limites de l'expérimentation seule. De plus, une dérive importante peut exister : on confond souvent activité et apprentissage. Apprendre des sciences implique que l'élève ne soit pas seulement *actif* (avec ses mains) mais aussi *auteur* (avec sa tête)<sup>6</sup> ! De plus, seul l'élève peut apprendre ; lorsqu'on ne prend pas en compte les conceptions des apprenants, celles-ci persistent et même peuvent se renforcer. Il lui faut élaborer un nouveau savoir mais aussi, en même temps, déconstruire celui qu'il maîtrisait déjà.

Il apparaît donc important de partir des élèves (ce qu'ils sont, ce qu'ils savent, ce qu'ils croient savoir, ce qu'ils ignorent). L'analyse de ces conceptions permet surtout de prendre conscience des obstacles qui empêchent l'élaboration des savoirs. Seulement, partir des élèves ne veut pas dire y rester ! Bien au contraire, le rôle de l'enseignant reste capital, quoique indirect. Un *environnement didactique* complexe mis à sa disposition par l'enseignant ou l'équipe d'enseignants est le seul à même de pouvoir le motiver, l'interpeller et l'accompagner.

C'est pour cette raison que l'on tend de plus en plus à faire entrer les élèves dans des démarches d'investigations, en les plaçant face à des situations qui tout à la fois nourrissent et contredisent leurs conceptions. Cela n'empêche en aucune manière des moments de structuration ou de présentation par l'enseignant lui-même. Les élèves ne peuvent tout (re)construire

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

FAUT-IL SUPPRIMER LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?



par eux-mêmes; découvrir en permanence serait également un non-sens par perte de temps et par distance avec l'approche scientifique. Le travail sur la littérature prend au moins 80% du temps chez un chercheur. De plus, l'enseignant peut faire partager directement un intérêt ou une passion, il peut être un repère permanent.

Beaucoup reste à faire à ce niveau... Apprendre des sciences est un processus complexe et paradoxal sur tous les plans; une seule méthode reste trop réductrice, l'enseignant doit pouvoir jongler avec plusieurs. La formation des enseignants est ainsi à (re)penser. Apprendre, ce n'est jamais ajouter des faits supplémentaires comme le pensait l'école du XIXe siècle; apprendre des sciences, c'est changer de regard sur le monde.

## Quels contenus ?

Au préalable, ce qui apparaît prioritaire est de réfléchir rapidement sur les contenus et donc les programmes de l'enseignement. Quelques propositions peuvent être avancées qui mériteraient d'être discutées le plus largement possible. Actuellement les curriculums en usage dans les cantons restent autocentrés; ils ont été définis de façon corporatiste à l'intérieur du petit monde des scientifiques. Ils se déclinent en chimie, biologie, physique, décomposée elle-même en optique, thermodynamique, mécanique, etc. Celui des jeunes est tout autre, il est: environnement, pollution, nouvelles technologies, clonage, manipulation génétique, santé, histoire de l'univers, développement durable, éthique...

Aussi faudrait-il se poser sérieusement et autrement (à l'intérieur de la famille des scientifiques, mais pas seulement) la question des contenus. De quels savoirs le jeune doit-il pouvoir disposer pour aborder un monde complexe, aléatoire, incertain? Et comment les sciences et les technologies – que l'on oublie totalement en Suisse – peuvent-elles y contribuer? Des pans entiers de savoirs devenus indispensables comme l'analyse systémique, la pragmatique<sup>7</sup> ou comme les concepts d'organisation, de régulation s'avèrent alors absents de l'école... C'est le sens même de l'enseignement des sciences qui est en jeu.

Ensuite, ne faudrait-il pas envisager le programme non pas comme une somme d'énoncés, de lois ou de détails à mémoriser, mais comme un moyen de quêter, de comprendre et de mobiliser? Cela étant, on ne peut nier qu'il reste des connaissances à apprendre. Le contenu des programmes ne devrait-il pas être défini toutefois en privilégiant un savoir organisé en lieu et place d'un savoir discret, une organisation problématisée plutôt qu'une collection de détails traités superficiellement? Quelques grands concepts pourraient servir d'organiseurs de la pensée; ces bases (énergie, matière, information, temps, espace, organisation, mémoire, régulation, identité...) fédéreraient les multiples informations. Elles permettraient aux jeunes de se repérer et de renouveler leur imaginaire.

En allant au bout de ce raisonnement, la priorité n'est plus d'enseigner les sciences pour elles-mêmes, mais au travers des sciences et des techniques d'introduire chez l'apprenant une disponibilité, une ouverture sur les savoirs, une curiosité d'aller vers ce qui n'est pas évident ou familier<sup>8</sup>. S'approprier des démarches de pensée prend alors une place prépondérante. L'individu doit pouvoir mettre en œuvre à côté des démarches expérimentales (observation et classification comprises), des démarches systémiques ou pratiquer la modélisation, l'argumentation et la simulation.

Enfin il apparaît important d'introduire les sciences et les technologies dans leurs dimensions sociales<sup>9</sup>. Il s'agit de « faire passer » l'idée

que ces approches sont une merveilleuse aventure humaine avec les risques qu'elles présentent encore, leurs réussites, leurs échecs, leurs perspectives. Et cela au travers de leurs histoires, celles des grandes révolutions scientifiques, de l'évolution aux mutations génétiques, la tectonique des plaques... et des hommes qui en ont été les acteurs (Copernic, Newton, Lavoisier, Mendel...). Dans le même temps, un regard critique sur les savoirs maniés devient également une nécessité. Une réflexion sur la science, sur les liens entre savoirs scientifiques, culture et société, ou encore entre savoirs et valeurs est tout aussi importante que les savoirs eux-mêmes. On pourrait par exemple s'interroger avec de substantiels bénéfices sur les réponses qu'apportent les techniques ou sur leurs limites (téléphone portable, OGM ou thérapies géniques, par exemple).

Là encore, *l'énigme*, la curiosité des élèves peuvent être cultivées et mises à profit. L'important est de faire comprendre que si le progrès des connaissances est inéluctable, il peut être long, douloureux, toujours conflictuel... que son développement n'est pas totalement indépendant de l'idéologie du moment ou des valeurs dominantes.

André Giordan

ancien instituteur et enseignant au secondaire, Il est actuellement professeur à l'université de Genève, directeur du Laboratoire de didactique et d'épistémologie des sciences. Il préside par ailleurs la Commission internationale de Biologie et éducation; il est expert Sciences et société pour le 7ème plan de la Commission européenne.

## Quelques repères bibliographiques

Sur les programmes: A. Giordan (2002). *Une autre école pour nos enfants?* Delagrave.

Sur l'apprendre: A. Giordan (2004). *Apprendre?* Belin.

Giordan et G. De Vecchi (1987). *Les origines du savoir*. Delachaux Pour la formation des enseignants.

G. De Vecchi et A. Giordan (nouvelle édition augmentée, 2002). *L'enseignement scientifique, comment faire pour que « ça marche »?* Delagrave. A. Giordan, J et F Guichard (nouvelle édition, 2002). *Des idées pour apprendre*. Delagrave.

Sur l'éducation des plus jeunes: M. Cantor et A. Giordan (nouvelle édition, 2002). *Les sciences à l'école maternelle*. Delagrave.

A. Giordan (1999). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Belin.

Sur l'éducation à l'environnement: A. Giordan et S. Souchon (2007). *Une éducation pour l'environnement en direction du développement durable*. Delagrave.

<sup>1</sup> Ils ont l'impression que l'enseignement sous-estime les connaissances, l'expérience et leurs capacités de jeunes en leur présentant les phénomènes hors des conditions réelles dans lesquelles ils se produisent. Pour eux, « il s'intéresse plus à la note qu'au savoir »...

<sup>2</sup> Ils ont le sentiment qu'on leur fait faire des sciences pour elles-mêmes. L'enseignement leur paraît répondre à des questions qui ne sont pas les leurs... mais surtout avance des savoirs sur des questions qui ne sont même pas posées!

<sup>3</sup> La perte de confiance dans la science mais aussi le développement de comportements anti-scientifiques et de rejet par l'opinion publique sont toutefois moins marqués en Suisse que dans d'autres pays européens.

<sup>4</sup> Les scientifiques et la science se sont peu à peu coupés de leurs contemporains, faute d'avoir conduit une réflexion suffisamment approfondie sur les implications philosophiques, éthiques, voire métaphysiques, des savoirs et des démarches scientifiques. La crise des vocations scientifiques chez les jeunes n'est certainement pas sans lien avec les critiques parfois radicales dont la science est l'objet et contre lesquelles elle se défend peu ou mal.

<sup>5</sup> Nos contemporains ont ainsi du mal à accepter l'idée que la « vérité existe » mais qu'elle n'est pas intangible et qu'elle évolue.

<sup>6</sup> Souvent, ce type de pratique s'avère être un enseignement frontal indirect...

<sup>7</sup> Le projet n'est plus seulement d'apprendre à résoudre des problèmes, mais d'abord de savoir clarifier une situation pour parvenir à les poser correctement. En la matière, l'élève doit s'apercevoir qu'il peut y avoir plusieurs solutions et pas seulement une, que chacune est contextualisée, qu'il peut ne pas y avoir de solution du tout ou que les solutions sont pires que les problèmes. Le plus important est alors la question plus que la réponse...

<sup>8</sup> L'attitude de l'apprenant est plus importante que les connaissances factuelles qu'il pourrait engranger. Celles-ci deviennent vite obsolètes face à l'évolution permanente de ces domaines. Il importe donc, avant tout, de former des citoyens aptes à débattre des enjeux sociaux, des esprits ouverts capables de s'interroger sur le monde ou sur eux-mêmes.

<sup>9</sup> La dimension personnelle de la science ne doit pas être édulcorée vu la place qu'elle tient au quotidien dans les objets à disposition, dans la santé ou le développement durable. Mais également faire sentir que la science peut être également un domaine d'épanouissement, de satisfaction, de plaisir voire de bonheur personnel de chercher à connaître par soi-même...

COMME DANS LES NUMÉROS PRÉCÉDENTS, NOUS RYTHMONS LA LECTURE PAR DE BRÈVES RÉFLEXIONS QU'ONT BIEN VOULU NOUS PROPOSER DIVERSES PERSONNES EN RÉPONDANT À LA QUESTION DES SCIENCES ET DES MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE. CES FILS ROUGES SONT SIGNALÉS PAR UN PETIT BATEAU QUI ÉVOQUE UN PARCOURS DANS L'UNIVERS DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES NATURELLES.

## DES CLÉS POUR L'INTELLIGENCE DU MONDE



Enseigner les disciplines scientifiques à l'école? Voilà qui résonne comme une évidence! Car nous vivons une situation paradoxale: alors que la science et la technique occupent une place toujours plus grande dans notre vie quotidienne, nous sommes de moins en moins armés pour comprendre cet environnement technologique – et donc toujours plus dépendant de ceux qui savent et détiennent ainsi un pouvoir.

C'est vrai, l'école est l'objet de pressions inouïes pour qu'on y enseigne tout et n'importe quoi, en fonction des besoins de la société, voire des carences éducatives des parents — en plus des formations de base, bien sûr! Mais force est de constater que dans le domaine de la science et de la recherche, l'ignorance est immense et donne parfois le vertige: or, comment peut-on évoluer dans un monde auquel on ne comprend rien? Et comment pourrait-on s'en émerveiller, si on en ignore la complexité?

Cela nous fait penser à cette question — authentique! — d'une femme rentrant de nuit du supermarché, et qui demande à son mari, en posant les sacs à la cuisine: «Au fait, c'est quoi ces petits machins lumineux dans le ciel?» Interrogez les gens autour de vous, et vous ver-

rez que quel que soit le domaine considéré, le niveau des connaissances est extrêmement bas. Enseigner les disciplines scientifiques à l'école, à tous les élèves indépendamment de leur orientation future, c'est leur donner les outils indispensables à l'intelligence du monde, et mieux encore, les moyens de s'en émerveiller!

**Philippe Barraud**

*journaliste (et astronome amateur), Cully*

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

« APPRIVOISE-MOI ! » DIT LE RENARD : UNE APPROCHE DE LA CONNAISSANCE DE L'ENVIRONNEMENT EN ENSEIGNEMENT SPÉCIALISÉ

NOUS AVONS PENSÉ INTÉRESSANT DE PLACER ICI LA RÉFLEXION DE DENIS BAERISWYL SUR LES SCIENCES EN ENSEIGNEMENT SPÉCIALISÉ, ET NON JUSTEMENT DANS UNE RUBRIQUE *SPÉCIALISÉE*, PARCE QUE L'AUTEUR DONNE UN RELIEF TOUT PARTICULIER AUX THÈMES ÉVOQUÉS DANS CETTE PARTIE, COMME SI CES ÉLÈVES EN GRANDES DIFFICULTÉS AIDAIENT À DÉVOILER MIEUX ENCORE L'IMPORTANCE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES !

## « APPRIVOISE-MOI ! » DIT LE RENARD : UNE APPROCHE DE LA CONNAISSANCE DE L'ENVIRONNEMENT EN ENSEIGNEMENT SPÉCIALISÉ

« Ainsi se crée une seconde nature où il n'est plus demandé à l'homme d'être lui-même, mais d'être ce qu'on attend de lui qu'il soit. »

Henri Hartung<sup>1</sup>

### Contexte de la réflexion

Dans un contexte de pédagogie spécialisée, la variété des situations des élèves défie les compétences professionnelles : troubles du comportement ou de la personnalité, déficience intellectuelle, infirmité motrice, et souvent l'association de ces difficultés. Ce qui unit ces élèves relève *in fine* d'une difficulté à prendre en compte le monde qui les entoure. Au-delà de leurs besoins immédiats, ces enfants peinent à rechercher ce qui n'est pas directement perceptible, derrière les phénomènes et les événements. Leur motivation est accaparée par des nécessités basiques quotidiennes, affectives, sécuritaires, directement vécues.

Quelles raisons dès lors pour une didactique de la connaissance de l'environnement ? avec quelles intentions ? Là se jouent des impératifs qui débordent largement les « sciences ». Il s'agit plutôt d'apprendre une culture qui favorise une forme de sécurité à être au monde, en proposant à l'élève des outils intellectuels qui lui permettent d'observer et de sortir un tant soit peu de la devinette que lui pose son environnement. Il sera amené à construire une compréhension de ce qui l'entoure, à structurer ses connaissances pour en faire un moyen de bien-être : en bref à augmenter sa conscience des choses afin de pouvoir apprivoiser le monde.

### Apprivoiser la science...

Pas vraiment simple de synthétiser un discours portant sur l'enseignement des sciences en pé-

dagogie spécialisée. Cet enseignement présente une profondeur qu'il est illusoire de vouloir résumer. Cependant, pouvons-nous échapper à une réflexion qui ne se borne pas à la didactique, mais va chercher les raisons de l'acte d'enseignement ? Quelques éléments permettront peut-être de comprendre ce qui se joue derrière la leçon de science dans un contexte spécialisé. Là où justement nous relevons des lacunes du bagage de connaissances, des déficits de stratégies d'apprentissage, des difficultés pour s'intéresser au savoir, une perte de sens généralisée, croit-on.

### ... pour apprivoiser le monde

Si l'on admet que les phénomènes et les événements naturels sont régis par des lois et que nous pouvons les connaître, la science est alors la somme de ces lois. Mais la science est autant la connaissance des phénomènes et événements naturels que la méthode elle-même qui tend à nous les rendre connus. Une méthode de connaissance qui, si elle était objective, précise, vérifiable et pourquoi pas universelle, permettrait la définition vraie des lois mentionnées ci-dessus.

On sait à quel point il est difficile au savant (cet *ailleurs* où s'élabore la connaissance) d'accéder à cette objectivité et à cette vérité. Ainsi, la didactique des sciences, entre lois naturelles et méthodes de découverte de ces lois, laisse un large champ didactique à disposition.

Ce qui caractérise la science pourrait s'exprimer

mer par une tentative d'objectivité et de rationalité. L'accès à la *culture* scientifique forge du même coup l'accès à une rationalité qui fait souvent défaut aux élèves de l'enseignement spécialisé, rationalité qui s'apparente à une discipline rigoureuse de regard porté sur le monde. Mais la science n'est pas, en ce sens, une méthode universelle bien définie. De plus, l'acquisition de la connaissance ne se fait jamais en toute neutralité; émotions, état affectif, l'accompagnent toujours. L'individu porte une méthode qui lui ressemble.

#### **Deux et deux quatre. Répétez ! dit le maître. Mais voilà l'oiseau lyre...**

Donner place à l'enseignement des sciences dans le contexte de l'enseignement spécialisé est une gageure pour qui souhaite que les élèves approfondissent les lois de la nature. Leurs aspirations et leur disponibilité s'orientent dans la plupart des situations vers d'autres intérêts. Souvent emportés par leurs difficultés, les élèves prêtent davantage attention à leur relation avec l'entourage qu'à la connaissance de ce dernier et moins encore à l'environnement naturel dans lequel ils baignent. Les démarches communes d'enseignement des sciences perdent de leur impact, les élèves ne retiennent pas les connaissances abordées, s'en détournent et créent ainsi un climat d'enseignement difficile. Pour dire bref: ils ne sont pas attirés et ne laissent voir. J'entends alors fréquemment dire qu'ils ne sont pas motivés. Ce qui est évidemment réducteur. Ils ne sont pas motivés, certes, mais pour cet *objet* précis sur lequel nous souhaiterions qu'ils se focalisent. Ils sont motivés pour autre chose, qui échappe à la matière enseignée et souvent à l'enseignant.

*Quid* alors des sciences? devons-nous faire l'impasse comme c'est souvent le cas? Pas nécessairement: il s'agit peut-être d'agir pour leur donner une place à peine décalée, au moins par l'approche, afin de centrer la motivation des élèves. La motivation essentielle, dit Freud, consiste à fuir le déplaisir. Prenons-le au mot. Si les élèves s'échappent des sciences, c'est peut-être qu'ils n'y trouvent aucun plaisir. Ce qui les

incite à aller voir ailleurs, par la fenêtre dans le meilleur des cas, du côté de l'oiseau lyre.

#### **Mais pourquoi des « leçons de choses » ?**

Connaître permet de tordre le coup à l'incompréhension du monde, à poser des jalons comme autant de béquilles sur lesquelles s'appuyer pour faire face à la complexité de notre environnement. Chacun peut imaginer dans quel déséquilibre se situent ces élèves, dans quelles angoisses ils se débattent, eux qui n'ont que si peu d'emprise, de maîtrise sur le monde, sur les hommes, eux qui disposent de si peu de connaissances que leur environnement s'apparente à une gigantesque devinette à laquelle ils répondent au hasard tantôt par oui et tantôt par non.

L'objet de la science (dans le sens de somme de lois naturelles) est en effet décrit par Kant comme un prolongement direct de l'objet perçu, une extension de la perception de l'objet au-delà du réel directement sensible. Une conscience de l'objet élargie par des connaissances subtiles, une conscience que peut avoir l'élève du monde qui l'entoure.

Mais pour une conscience, la connaissance des faits ne peut suffire. Elle doit être doublée d'une compétence d'observer le monde et de se questionner, d'une part, ainsi que d'une compétence stratégique de recherche de réponses d'autre part. La somme de connaissances factuelles restant en second plan, non dénuée de sens, certes, mais insuffisante pour un développement durable des élèves.

Là se situe exactement l'enjeu de l'enseignement des sciences en pédagogie spécialisée. Ce qui est nécessaire à l'élève, c'est la possibilité d'une représentation, la reconnaissance d'une réalité qui peut être observée plus loin, plus en profondeur que le directement perçu. Il s'agit de l'opportunité que nous lui offrons de se construire des outils lui permettant de se situer dans cet ensemble. L'éradication partielle de l'insécurité offre une possibilité de s'installer, un tant soit peu, dans un processus qui dépasse la survie, parce que « l'ignorance peut engendrer la peur – et la peur est funeste<sup>2</sup> », parce que connaître, c'est enlever à l'inconnu une part de

sa dimension mystérieuse donc potentiellement dangereuse, ou au moins, c'est croire que l'on peut savoir d'où va venir le danger.

*« L'enseignement des sciences n'est habituellement pas conçu comme devant permettre l'acquisition d'une culture, mais comme un moyen de connaître des faits. Dans ces conditions, il ne s'agit pas tant de former à une méthode, de montrer la réalité objective du monde physique et l'intelligibilité de ses lois, d'expliquer le déterminisme de celui-ci, que de faire connaître un ensemble de faits: connaissances factuelles dont les contenus divers n'ont pas de sens en eux-mêmes, mais seulement par l'usage qui en sera fait plus tard, et où la mémorisation et le respect de la parole du maître jouent un rôle essentiel. »<sup>3</sup>*

Ces mots résonnent encore plus fort à l'esprit de l'enseignant spécialisé: les élèves ne sont pas en mesure d'accéder à la mémorisation souhaitée. Est-ce pour cela que nous pouvons oublier l'enseignement des sciences?

On comprend donc que cet enseignement contient autant une dimension instructive qu'une dimension formative: il s'agit de former des individus capables de découvertes, de contribuer au développement de leur esprit, limitant ainsi leur dépendance envers quelques autres de leur entourage qui en seraient capables à leur place.

#### **Du sens... pour se jeter vers la connaissance**

La question se porte alors sur les raisons qui permettent de construire des stratégies d'apprentissage. Et dans le contexte de la pédagogie spécialisée, ce sera d'abord, mais qui n'y a déjà pensé, la notion de plaisir. Si ces élèves ne trouvent pas de plaisir à ce qui est pour beaucoup évident – la curiosité envers le monde, l'anticipation ou encore le goût de l'effort – ils le trouveront dans ce qui se rapproche au plus près de leurs intérêts directs: la dimension affective, les aspects relationnels donc sociaux directement perceptibles. Makarenko relevait que l'homme a besoin d'un but réjouissant. Et pour tous les hommes, l'aventure porte un tel but. Proposer aux élèves de vivre une aventure, particulièrement aux élèves en proie à des difficultés, c'est ouvrir une

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

« APPRIVOISE-MOI ! » DIT LE RENARD : UNE APPROCHE DE LA CONNAISSANCE DE L'ENVIRONNEMENT EN ENSEIGNEMENT SPÉCIALISÉ

porte signifiante pour eux vers des apprentissages possibles. Que le jeune soit partie prenante d'une intention, qu'il fasse le projet d'apprendre, voilà le terrain de l'enseignant : que l'élève se projette vers un objet de connaissance.

L'objet de connaissance est en lui-même une abstraction difficilement signifiante à la première approche. Si l'action en est une clé, encore faut-il que ce *faire* soit lié affectivement au sujet. Qu'il puisse l'investir d'un rôle qui prend place dans ses besoins évidents, le plaisir, l'affectivité, la relation à l'autre pour accéder par lui à la connaissance.

De cette problématique est née la proposition d'une didactique de la connaissance de l'environnement pour l'enseignement spécialisé.

## « Physique apprivoisée » : on ne voit bien qu'avec le cœur...

Le chercheur doit s'aventurer, par la pensée, dans des domaines où nul n'avait pénétré avant lui, croit-il. C'est un leurre bien sûr, mais chacun, pris par l'aventure, accepte le jeu. L'élève, comme le savant, a besoin d'éprouver ce sentiment d'exploration, d'invention, pour accéder au merveilleux du monde. L'émerveillement a ceci de particulier, entre surprise et admiration, qu'il incite à poursuivre la relation avec l'objet pour l'apprivoiser, en connaître plus que la représentation directement sensible. Nous avons besoin d'aimer l'objet pour le découvrir.

L'impulsion pour développer « Physique apprivoisée » est venue d'abord d'une forme de désarroi. Un jour, un enseignant est venu au centre de ressources pédagogiques poser un problème formulé ainsi : « Je veux travailler l'érosion des montagnes avec mes élèves, mais ils ne comprennent rien aux tabelles que je leur montre dans le livre que je leur propose... » J'ai perçu dans cet appel un « Je-enseignant » surprésent, magistral, agissant face à des élèves dont la tâche se résumait à comprendre un discours et des tabelles. L'adulte proposait son projet de travailler l'érosion, traité par ses moyens. Cela signifie-t-il que le projet soit déraisonnable ? Pas forcément ! Question de méthode, ou plutôt, de didactique. Une affaire d'art et de manière...

## Fabriquer...

La physique imprègne le quotidien et il est possible de l'approcher de manière enthousiasmante pour autant que l'on admette que ce n'est pas dans les livres savants qu'elle se cache.

Elle nécessite une approche qui fasse immédiatement sens pour l'enfant, qui passe par une implication affective dans le réel, dépassant la manipulation et l'expérimentation. La démarche de « Physique apprivoisée » propose la fabrication d'un objet dont les phénomènes seront par la suite étudiés. Toucher les objets ne suffit pas, l'élève doit pouvoir jouer avec eux pour les appréhender, dans le sens d'entretenir avec le monde une relation active, concrète, avant de prendre le temps de réfléchir aux phénomènes au-delà de l'apparence. Lui proposer de réfléchir plutôt que de mémoriser, à lui justement qui aime réfléchir, mais dont la pensée n'est pas la nôtre et se fonde sur d'autres prémisses.

Admettant que les élèves de ce secteur sont pour la plupart encore ancrés dans une approche concrète, je remarque qu'ils ont besoin d'appuyer leur réflexion sur l'objet non seulement manipulé, mais plus encore investi affectivement. Cette possession de l'objet est proposée sous la forme d'un temps de fabrication, d'appropriation de l'objet.

Pour cette raison, le moment *atelier de fabrication* est considéré ici comme source d'intérêt, de mobilisation mentale pour l'élève qui à partir de cet investissement va aborder les aspects plus formels de la physique.

## Reformuler : le créé crée le créateur.

Pour penser, inventer et découvrir, l'être humain a besoin de temps, d'inspiration et d'action. La pensée intelligente ne sert pas qu'à mémoriser, mais à investir le savoir, à théoriser, modéliser les concepts favorisant ainsi l'entendement, c'est-à-dire la conscience des choses.

C'est par la pensée, l'action mentale, que l'élève développe sa faculté d'abstraction et structure des savoirs sur la base des informations récoltées.

Il insère les découvertes dans un réseau de connaissances logiquement organisé. Or les ca-

tégories logiques, relatives selon son développement, sont les instruments à l'aide desquels il organise sa vie et se représente le monde de l'expérience. Là est donc l'essentiel de la « leçon de science » en enseignement spécialisé, puisque cette dimension exprime justement un aspect particulier de la difficulté d'apprendre.

Cette mise en jeu de la rationalité de l'élève s'avère primordiale pour lui permettre une relative maîtrise sur l'environnement, pour qu'il puisse élucider un brin la devinette monumentale du monde. Elle consiste surtout en une tentative de modélisation apte à représenter les phénomènes. Mais j'ajoute : pour l'élève et non pour l'enseignant. Dans l'idée d'un apprivoisement de la physique, la modélisation reste celle de l'élève parce que c'est celle qu'il peut admettre. Elle correspond à son développement et à sa possibilité de conceptualisation à un moment donné. Perfectible, oui, mais construite dans la perspective d'un savoir moins relatif, en phase avec son développement futur. L'homme se crée par la création des objets et des idées.



Dans la marmite à vapeur, il y a de l'eau dans le fond de la marmite. Celle-ci chauffe. L'eau bout. Elle s'évapore. La vapeur donne de la pression, c'est-à-dire elle pousse de tous les côtés. La vapeur monte jusqu'au couvercle. Elle s'échappe par les trous du bouchon.

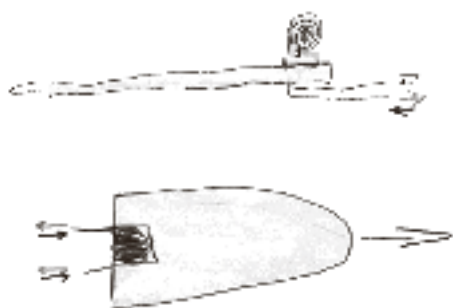
Concrètement, la reformulation de l'expérience procède en deux temps distincts :

- D'abord dire, décrire, expliquer. La confrontation à la pensée de l'autre permet de repenser la construction et les découvertes, d'élaborer des connaissances, de conceptualiser et d'abstraire

des lois du réel. L'élève est confronté à ses questions, à la pose d'hypothèses, à la recherche de solutions, à l'explicitation de ses actions. Il sort des routines et questionne ses positions, ses actions, ses représentations. Il devient réflexif.

- Ensuite une formalisation de la réflexion. La reformulation prend tout son sens au moment où le sujet élabore des traces dépassant les paroles et médiatisables dans un processus social de production d'informations. Ce retour au concret permet de relire l'expérience, cette occasion de relecture qui consolidant la démarche d'apprentissage;
- En définitive, c'est bien du développement de l'élève qu'il est question à l'école. Se situer dans le monde, se questionner et chercher des réponses, incarner les savoirs. A un enseignant qui remarque que « Physique apprivoisée » prend du temps et que « ça donne un peu l'impression que tu ne fais pas ce que tu dois<sup>4</sup> », je réponds qu'il réduit sa fonction – justement ce qu'il *devrait* – à une idée d'accumulation de connaissances préconstruites mémorisables. Qu'il place de côté la noblesse de son rôle social qui est l'acquisition par les élèves d'une culture permettant à chacun d'explorer et de s'expliquer le monde dans une perspective d'autonomisation.

« Physique apprivoisée » se présente comme une



Bateau vu de profil et vu d'en haut dessiné par Nasrat  
Avec un tuyau en plastique il faut aspirer de l'eau dans le tube enroulé. Les deux bouts du tube enroulé sont plongés dans l'eau. On enlève le tuyau en plastique, l'eau reste dans le tube enroulé. On allume la bougie, la flamme fait chauffer le tube et l'eau à l'intérieur commence à bouillir. Il faut attendre un moment. Quand l'eau est très chaude elle se transforme en vapeur. L'eau chauffée presse partout, elle sort par les deux bouts du tuyau. En sortant elle pousse l'eau qui est dehors, c'est ce qui fait avancer le bateau.

approche pragmatique en phases successives :

- implication : fabrication l'objet, en prendre possession ;
- interrogation : observation de l'objet, questionnement autour des phénomènes qui lui sont liés ;
- réflexion : reformulation des lois mises ainsi en évidence ;
- médiatisation : structuration des savoirs.

Il est évident que cette suite *prend du temps*. Mais selon quelle référence ? ce qui importe, c'est le développement des élèves, leur formation. Et pour cela, nous avons de toute manière besoin de temps.

Denis Baeriswyl

professeur formateur à la HEP, responsable notamment du projet « Physique apprivoisée »

Pour en savoir plus sur « Physique apprivoisée » :

voir le site <http://hep-vd.educanet2.ch/physapp>

ou la présentation rapide en format pdf :

<http://hep-vd.educanet2.ch/physapp/docs/resume.pdf>

Pour un exemple de reformulation médiatisée :

<http://hep-vd.educanet2.ch/physapp/classes/schenk/diabato/index.htm>

<sup>1</sup> In *Ces princes du management*, Fayard 1970, p. 45.

<sup>2</sup> Federico MAYOR, directeur général de l'UNESCO, « Quel bilan pour la science », in *Encyclopædia Universalis* 2005.

<sup>3</sup> Evry SCHATZMAN, membre de l'Académie des Sciences, directeur de recherches émérite. « Le statut de la science », in *Encyclopædia Universalis* 2005. C'est nous qui soulignons.

<sup>4</sup> <http://hep-vd.educanet2.ch/physapp/kesako/19effet/effet-mem.htm#vecu2>

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

L'ENFANT CHERCHEUR AUJOURD'HUI, CITOYEN RESPONSABLE DEMAIN

L'ENSEIGNEMENT DE DISCIPLINES TELLES QUE LA GÉOGRAPHIE, LES SCIENCES NATURELLES OU L'HISTOIRE APPARAÎT DÈS LE CYCLE DE TRANSITION. LES ÉLÈVES DES ANNÉES PRÉCÉDENTES ABORDENT CES MATIÈRES DE FAÇON GLOBALE SOUS LA FORME D'ACTIVITÉS D'ÉVEIL ET DE *CONNAISSANCE DE L'ENVIRONNEMENT*<sup>1</sup>. LE TÉMOIGNAGE QUI SUIT PROPOSE QUELQUES EXEMPLES DE DÉMARCHES CONDUITES LORS D'ANIMATIONS DANS DES CLASSES DE JEUNES ÉLÈVES, AINSI QU'UNE RÉFLEXION GLOBALE SUR L'ÉDUCATION À L'ENVIRONNEMENT.

## L'ENFANT CHERCHEUR AUJOURD'HUI, CITOYEN RESPONSABLE DEMAIN



### Mettre un enfant dans la peau d'un chercheur

Une petite phrase peut parfois déclencher cette posture. En effet étudier le temps, de manière traditionnelle, n'est pas intéressant pour des élèves de 4e et 5e années. Mais commencer par « un chrono-virus a infecté toutes nos montres qui vont bientôt s'arrêter, à toi avec ton équipe de labo de fabriquer un nouvel appareil à mesurer le temps » donne du sens et implique l'enfant dans sa recherche.

Les étudiants fonctionnent comme les élèves. Leur dire « amenez-moi du sucre pour mon café » n'éveille pas leur curiosité. Mais leur apporter une betterave et leur dire « fabriquez-moi du sucre pour mon café » prend une autre tournure.

Une approche intéressante est la *situation-problème*, qui met les élèves face à un *défi*. Par exemple, aborder l'étude de l'eau par une formule comme « l'eau est constituée de mo-

lécules formées de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H<sub>2</sub>O) » rebute les élèves. Leur demander « peux-tu faire flotter une agrafe trombone ? » apportera à l'enfant les mêmes connaissances, mais par une démarche pleine de sens où il deviendra un véritable acteur. Toujours à propos d'eau chez les petits, veillons à ce que le défi ait du sens et débouche sur une véritable approche scientifique. Plutôt que d'aborder le cycle de l'eau de manière frontale demandons leur : « Vaut-il mieux se doucher ou se baigner, et pourquoi ? » Les plus petits n'ayant aucune notion de capacité, leurs réponses s'étendent de 5 à 500 litres, il faut leur faire acquérir des prérequis. Les préliminaires consistent en un échange pour leur faire découvrir comment mesurer la capacité d'un récipient.

On voit un élève boire à la bouteille et l'on profite de lui demander quelle quantité a été bue. « Un litre, plus d'un litre, moins d'un litre ? Est-ce que le berlingot de lait contient plus ou moins que cette bouteille ? » : des questions qui les encouragent à entreprendre des manipulations, le transvasement de l'un dans l'autre. Lorsque la notion de litre est à peu près acquise par tous les élèves, on peut revenir à la question de la douche.

On peut enchaîner avec une nouvelle activité, menée avec des élèves du premier cycle primaire : vider la fontaine de la cour et compter le nombre de seaux nécessaires. Les élèves découvrent de manière annexe qu'ils ne peuvent pas porter le bidon tout seul et que l'eau a un poids. Pour le fond du bassin, on reprend le berlingot

et le gobelet. Cela ne semble pas très mathématique, mais à force de manipulations, on peut établir combien de bidons, de berlingots et de gobelets sont contenus dans la fontaine et se rapprocher ainsi de la notion de capacité. Ils reprendront l'exercice chez eux pour mesurer l'eau utilisée pour leur douche.

« Quand vous vous douchez, pouvez-vous mesurer l'eau qui s'écoule ? non. Alors prenez une douche dans la baignoire, car on peut la fermer avec un bouchon sans risque que l'eau ne s'écoule. » Encourager les élèves à écoper l'eau, après leur douche avec un berlingot, puis un gobelet et en noter le résultat.

Après cette découverte, il ne s'agit pas de traiter la question de manière réductrice, mais d'élargir ensuite les horizons des enfants, par exemple par la projection d'un film sur l'eau dans le Sahel. La consommation de l'eau concerne donc tout le monde, et montre à l'enfant qu'il appartient à un monde très diversifié où il ne vit pas seul. Voilà les premiers pas d'une approche citoyenne des sciences. Étudier les différents états de l'eau les intéressera plus tard.

### Exploiter le potentiel des élèves

Il s'agit de découvrir ce que l'enfant sait déjà, et partir de là pour exploiter ce potentiel souvent beaucoup plus important que ce que l'on croit communément.

Lors d'une de mes animations dans les petites classes, j'ai été faire du pain avec des élèves de première année primaire. J'ai alors apporté aux élèves un ballon bien croustillant. C'était leur



référence pour la matinée, avec la recommandation d'en garder au moins un petit morceau jusqu'à midi.

Je leur ai demandé : « Qu'allons-nous faire, des tartines, de la cuisine, du pain ? OK, par groupes de trois, faites votre recette puis passez à mon magasin pour recevoir les ingrédients ». A cet âge, ils ont de la peine à écrire : ils pouvaient donc aussi dessiner leur recette ou m'expliquer leur intention.

Les recettes ont été parfois renégociées – par exemple, il n'y avait pas d'œuf – et les quantités demandées ont été un peu redimensionnées. Ils me montraient avec leurs mains les quantités nécessaires. Un élève a demandé de la levure, parce que son papa en met dans la pâte à pizza. Un élève a demandé une balance. Il a placé le ballon sur la balance, puis il m'a demandé de la farine jusqu'au niveau atteint par l'aiguille, lorsque le ballon se trouvait sur le plateau. Un deuxième élève m'a dit qu'il fallait que l'aiguille n'atteigne pas le même niveau car il devait mettre autre chose.

Voilà des potentiels d'élèves de première année. C'est super, mais les aurait-on découverts si la maîtresse leur avait simplement donné une recette à suivre comme dans la plupart des cas ?

J'ai cuit les ballons, car j'ai estimé que c'était une étape trop délicate pour eux. Ils ont ensuite dû comparer les aspects, goûts et textures du ballon du boulanger avec leurs réalisations. Je leur ai d'abord donné les ballons *pas terribles*, pâteux et fades, puis un ballon salé qu'ils ont beaucoup aimé et ils ont réalisé qu'il fallait mettre du sel, mais pas trop. En savourant le dernier ballon, ils ont découvert l'importance de la levure. Avec une éprouvette contenant de la farine, de l'eau et de la levure et couverte d'une baudruche, nous avons observé le gonflement de celle-ci sous les effets du gaz produit par la fermentation. A partir de ces expériences et de ces comparaisons, le groupe a élaboré la recette du pain idéal. Finalement, une recette de pâte pour tresse a été testée pour réaliser un lapin de Pâques.

### Tisser des liens avec son environnement et découvrir les subtilités de sa complexité

Dehors, je laisse d'abord les élèves libres de jouer, de découvrir spontanément l'environnement à leur gré pour qu'ils créent un lien affectif avec le milieu, puis je les mets au défi de résoudre une question. Les recherches en sciences de l'éducation ont démontré l'importance des liens affectifs qui se tissent à travers la construction d'une cabane, d'une rencontre avec un animal ou un végétal. En effet, pour les chercheurs, ces relations affectives influencent plus les attitudes et les comportements des enfants vis-à-vis de leur environnement que de simples savoirs. Ces liens se gravent très tôt dans leur mémoire, souvent à partir de premières émotions vécues. Donc, ils doivent d'abord jouer, tisser ces liens.

La nature et l'environnement sont des lieux très complexes. L'homme les détruit, les protège et finalement les gère. Pourquoi ? Chaque élève doit identifier des effets produits par l'être humain sur son milieu. Il faut créer des attitudes de recherche ou simplement interpeller l'enfant sur certains comportements. La réflexion qui en découle doit aboutir à la compréhension des actions de l'homme sur son milieu. Une manchette peut en fournir le sujet : « Un loup abattu en Valais » : par qui ? pourquoi ? Ou encore « La Venoge polluée par du purin ! »

Ces moments de réflexion sont à développer dans les classes. Faire passer un message prend du temps. Vouloir traiter la question de l'eau en six périodes est un leurre. La connaissance de l'environnement n'est pas une discipline scolaire comme une autre. Il faut savoir prendre le temps nécessaire pour réaliser des projets qui motivent les élèves tout en répondant à leurs questions.

Une enseignante a conduit un projet sur la coccinelle, dans une classe du cycle initial. Au cours d'une journée *portes ouvertes*, les élèves ont présenté aux parents divers ateliers sur le cycle de la coccinelle, sa nourriture et surtout ont fait découvrir que ces petits insectes migraient... Qui le savait ? Certainement pas les parents. Ils leur ont fourni des explications et ont réalisé des démonstrations. Voilà la meilleure évalua-

tion de ce travail pour les inconditionnels de cet aspect...

### Quelles compétences pour enseigner la connaissance de l'environnement ?

Faire découvrir que nous appartenons à un tout est un des objectifs essentiels de la connaissance de l'environnement. L'approche systémique qui doit nous faire comprendre toutes les relations entre le sujet étudié et son contexte est donc un outil important pour y parvenir.

Dans notre institution à la HEP Vaud, le module *Connaissance de l'environnement* est à cheval sur l'Unité d'enseignement et de recherche<sup>2</sup> *Mathématiques et Sciences* et l'Unité d'enseignement et de recherche *Sciences humaines*, ce qui répond déjà en partie à la question. En effet, il faut analyser cet environnement avec un regard de spécialiste où l'esprit critique domine. Mais de plus, le scientifique doit se soucier d'une approche globale, une des préoccupations partagée d'ailleurs par Harms<sup>3</sup>, mais qui jusqu'à maintenant est souvent ignorée dans l'enseignement des sciences et de la connaissance de l'environnement. Par exemple, on voit souvent des enseignants travailler avec leurs élèves un fruit de manière détaillée, plutôt que d'étudier les fruits avec l'idée de leur production, de leur transport, de leur prix et finalement de leur impact sur la santé. Le nerf de la guerre est l'économie. Les élèves doivent comprendre que chaque choix a un prix, à plus ou moins long terme, pas uniquement en profits financiers, mais un prix pour l'environnement, pour la paix dans le monde, pour le développement durable de notre planète. Des étudiantes ont sensibilisé des élèves de 5e et de 6e années au commerce équitable, sur la base d'achat et de vente de bananes. Elles ont préparé un jeu de piste, avec des postes « transport, prix de production, prix de vente en Suisse, revenus des producteurs, des intermédiaires, des commerçants... ».

Pour résumer, travaillons avec les étudiants cette approche globale ainsi que les spécificités des sciences et de la CE, afin qu'ils soient plus efficaces pour donner la dimension du développement durable à leur enseignement.

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

L'ENFANT CHERCHEUR AUJOURD'HUI, CITOYEN RESPONSABLE DEMAIN



Par exemple, concernant la génétique, l'enseignant fait découvrir et transmet des principes fondamentaux (structure de l'ADN, etc.), mais quelques périodes plus tard, les élèves ne savent rien de la transgénèse<sup>4</sup>, pourtant la base des manipulations génétiques et des organismes génétiquement modifiés (OGM). Ils ne sauront pas quelle position prendre lors d'une votation. L'école doit donc jouer un rôle important et aborder les aspects d'utilité. C'est à ce niveau-là que les sciences du chercheur rejoignent les préoccupations du citoyen.

Passer un message scientifique et global demande du temps. Si je reviens à mon exemple de la betterave, je peux dire qu'après trois demi-journées, nous étions encore loin du sucre. Il faut des compétences scientifiques, il faut du courage pour le faire passer, et il ne s'agit que de l'approche scientifique. Il faut aussi être cohérent. En effet, l'école doit faire passer un message environnemental en alliant le geste à la parole. Lutter contre le tabagisme en allumant une clope après l'autre, ce n'est pas cré-

dible. Faire des discours musclés sur l'économie d'énergie et laisser les néons allumés toute la journée, laisser des robinets ouverts inutilement, ne l'est pas non plus.

**Charles-Etienne Vullioud**  
*professeur formateur à la HEP Vaud,  
biologiste naturaliste, spécialiste de la  
didactique des sciences naturelles et de la  
connaissance de l'environnement.*

<sup>1</sup> La connaissance de l'environnement (CE) est une branche qui étudie l'environnement pendant les premières années de la scolarité. Elle consiste en une approche globale du milieu et se structure en trois domaines: le domaine spatial, le domaine temporel et le domaine scientifique. (Cf.: plan d'études vaudois: 2006)

<sup>2</sup> Depuis août 2006, la HEP Vaud s'est organisée autour d'*Unités d'Enseignement et de Recherche* (UER). Leur rôle est de réunir des compétences de formateurs autour de disciplines didactiques ou transversales pour consolider les recherches et les enseignements ciblés.

<sup>3</sup> Le projet HarmoS (Harmonisation de la scolarité obligatoire en Suisse) fait partie depuis 2001 des priorités de la Conférence suisse des directeurs. Cf. article de François Gingins et all., dans ce numéro.

<sup>4</sup> Transformation volontaire du patrimoine génétique naturel.

# DE LA PHYSIQUE? FAUT-IL ENCORE ENSEIGNER LA PHYSIQUE AU GYMNASSE EN DEHORS DES OPTIONS?



« The most incomprehensible thing about nature is that nature is comprehensible »

*A. Einstein*

## Triste constat

Pas besoin de sondages pointus ou d'audits dispendieux pour s'en rendre compte... il est assez évident que les anciens Gymnasiens qui n'ont pas suivi une voie scientifique ont, presque tous, un souvenir lamentable de leurs cours de physique. Questionnez-les donc! Que leur reste-t-il? Le souvenir d'un fatras de formules mathématiques indigestes, d'exercices inabornables, de fastidieux « pompages » de rapports de laboratoire, rien de compréhensible, rien d'abordable qui puisse susciter l'intérêt de creuser un peu; quant à l'espoir d'entendre évoquer un aspect « fun » ou « cool »... n'y pensons pas!

Et de plus, ce lamento se décline des deux côtés du pupitre: si les élèves se trouvent vite dépassés, dépités, découragés, les enseignants de ces classes sont peu à peu écœurés, perplexes et désarmés en face d'élèves dont la majorité, même animée *a priori* de la meilleure volonté du monde, a été irrémédiablement acculée à décrocher, à abandonner. Par ailleurs, je suspecte ces lamentations d'être d'autant plus aiguës que l'enseignement a été plus traditionnel...

Plus triste constat encore, ces quinze dernières années, comme pour le réchauffement climatique, on a pu sentir une nette accélération de la dégradation de la situation; je ne vais pas me risquer à prétendre que « le niveau baisse », la réponse facile est trop connue: les enseignants s'en plaignent depuis Aristote! Pour le réchauffement planétaire aussi, on entend dire qu'il y a toujours eu des gaz à effet de serre dans l'atmosphère...

S'il ne reste vraiment que de tels souvenirs et aucun savoir-faire utile (oublions les savoir-

être!), osons alors avouer un indéniable échec et tentons d'en tirer quelques conséquences...

Y a-t-il un remède? Ne vaudrait-il pas mieux abandonner tout simplement cet enseignement? Le réserver à ceux qui choisissent une orientation qui exigera plus tard des connaissances ou des savoir-faire en physique? En d'autres termes, vaut-il la peine d'enseigner encore cette branche à tout le monde?

Ces périodes ne seraient-elles pas beaucoup mieux utilisées si elles étaient destinées à enseigner quelque chose d'utile?

Vous reprendrez bien une tranche d'orthographe, non? ou peut-être un doigt d'informatique?

Avouons-le et regardons la réalité en face, l'abandon de la physique, pour une majorité de ces élèves, est déjà dans les faits. Il est d'ailleurs tacitement admis, par le corps enseignant lui-même, qu'il y a suffisamment de disciplines plus généreuses pour compenser cette ingrate et incompréhensible bête noire des non scientifiques. La peste soit de la physique et des physiciens!

## Mais pourquoi donc?

Mais qu'a donc fait cette malheureuse physique aux dieux des potaches pour mériter une image aussi déplorable? Aucune autre branche ne lui fait concurrence au palmarès de la méfiance et de l'antipathie; peut-être l'allemand, en plus atténué et avec lequel je me sens un peu complice... Si le cumul de deux signes négatifs donne vraiment un plus, ne devrions-nous pas donner la physique dans la belle langue de Goethe? J'imagine l'effroi provoqué par cette épouvantable perspective.

Foin de ces badineries, tentons une explication,

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

DE LA PHYSIQUE ? FAUT-IL ENCORE ENSEIGNER LA PHYSIQUE AU GYMNASÉ EN DEHORS DES OPTIONS ?



une prudente recherche des origines de ce petit désastre. (Petit car, je le rappelle, ce propos ne concerne « que » les élèves dits non scientifiques et une seule discipline).

Force est de constater qu'il y a des causes intrinsèques à la branche : pour faire véritablement de la physique il faut maîtriser un code, le langage mathématique, et pratiquer avec rigueur une méthode qui ne laisse aucune place aux intuitions spontanées, aux émotions ou aux sentiments. Or les pauvres collégiens débarquant en première année du gymnase ne sont pas préparés à ça.

Concernant la maîtrise de l'outil mathématique, j'ose affirmer que, le plus souvent aujourd'hui, ces élèves ne maîtrisent pas les simples proportions, voient les pourcentages comme une notion bien nébuleuse, sont dépassés par les manipulations algébriques élémentaires, peinent à l'utilisation correcte de leur calculatrice... pour ne citer que les pathologies les plus handicapantes.

Pour ce qui est des aptitudes à la méthode et à sa rigueur logique, la forte tendance de la pédagogie officielle de délaisser la méthode déductive pour mettre les deux pieds dans le

même soulier de la démarche inductive a finalement des conséquences graves : capacités de raisonnement appauvries, confusion entre causes et effets, voire même entre hypothèses et conclusions. Par ailleurs, les sentiments, émotions et intuitions sont abondamment valorisés, ce qui permet un meilleur épanouissement des élèves, succès indéniable qu'il faut saluer, mais qui ne prédispose pas à l'attitude nécessairement humble, systématique et patiente de la démarche scientifique.

N'oublions pas non plus les déficiences notoires en français, surtout dans la connaissance et la rigueur du vocabulaire (laissons pudiquement l'orthographe de côté !), qui empêchent souvent la bonne compréhension d'une donnée, d'un énoncé ou d'un principe...

De plus les évaluations ne peuvent apporter aucune stimulation tant l'importance de la branche est faible à l'aune des notes ; elle tend même vers zéro. Ayons la décence de ne pas comparer le poids de la physique avec celui de certaines disciplines réputées payantes.

Bien, assez tiré sur l'école actuelle ! Elle n'est pas toute seule sur le banc des accusés ; notre société contemporaine est aussi lourdement en cause.

La physique est rébarbative et ingrate parce que pour passer le cap du code, du langage, comme d'ailleurs pour entraîner la méthode, il faut accepter un drill, un apprentissage répétitif et fastidieux qui prend le plus souvent la forme de longues séries d'exercices. Or, aujourd'hui ce genre d'effort est dévalorisé, une telle démarche n'est plus à la mode, le drill et la répétition sont regardés avec méfiance et suspicion comme appartenant à une pédagogie suspecte et caduque. Partout dans notre société des résultats positifs et satisfaisants se doivent d'être acquis rapidement et de manière directe. Ni la rigueur dans la démarche, ni la finesse de l'analyse n'ont une grande cote, on préfère les raccourcis et les jugements sommaires. En somme, avec notre physique, nous ramons complètement à contre-courant de la mode du temps.

Si l'on peut trouver des origines du malaise dans l'école elle-même ainsi que dans la société

d'aujourd'hui, on ne peut passer sous silence des causes purement pédagogiques ; je pense ici à des façons de faire totalement inadaptées qui malheureusement sont des pratiques trop courantes.

Certes, tout professeur est tenté de reproduire un enseignement semblable à celui qu'il a lui-même vécu ou subi. Le maître qui commence sa carrière, lui-même récent étudiant scientifique, mettra tout naturellement sur pied un cours très classique qu'il allégera un tant soit peu pour épargner le manque de « dispositions scientifiques » de ce public. Et nous voici sur les rails d'un enseignement formaliste et du programme standard ! Celui qu'on a vécu en début d'Université et qui commence par cette affreuse cinématique... à elle toute seule un épouvantail fort efficace ! Le débutant que j'étais s'est aussi fourvoyé sur ce mauvais chemin qui consiste à faire avec les non scientifiques une sorte de physique un peu « soft »... non sans quelques dégâts, j'en suis conscient.

Evoquer ces cours inappropriés me fait toujours penser à Jules Vallès qui, dans *L'enfant*, décrit comment les lycéens de son époque étaient condamnés à la torture inutile de la versification latine... Il n'est pas tendre non plus avec l'inadaptation de sa formation, Vallès, qui dédicacera, quelques années plus tard, *Le bachelier : A ceux qui, nourris de grec et de latin, sont morts de faim*. Dommage que certains profs de physique persistent à faire encore de la versification latine...

Je suis profondément touché par la souffrance de ces pauvres élèves qu'on condamne à peiner sur un solfège rébarbatif alors qu'ils pourraient vibrer et prendre même du plaisir si on leur faisait écouter la musique.

## Des remèdes ?

Après cette sombre esquisse des causes du malaise, il faut essayer de trouver des remèdes.

La tentation première, comme une sorte de réflexe conditionné d'enseignant, est de revendiquer une dotation horaire plus importante qui compenserait la pénibilité de l'apprentissage de la physique. Il est peu probable que ce remède

soit efficace, c'est surtout un rêve absurde voué à s'évanouir devant des prétentions identiques venant d'autres disciplines. Le temps, s'il est dilaté chez Einstein, est plutôt comprimé dans les grilles horaires.

Alors au lieu de se morfondre en regrettant les neiges d'antan, trouvons de nouvelles stratégies, repensons profondément les objectifs de ces cours-là. Il est à mon avis nécessaire d'abandonner l'espoir illusoire d'amener ces élèves à faire vraiment de la physique pure et dure, il serait plus judicieux et plus réaliste de s'appliquer à leur montrer ce qu'est cette branche, ce que sont ses méthodes, tout en apportant des éléments indispensables de culture générale scientifique.

En d'autres termes il s'agit de faire un minimum de solfège et d'écouter un maximum de musique... on pourrait dire aussi un minimum de grammaire pour un maximum de littérature! Laissons tomber l'encyclopédique programme propédeutique et restreignons-nous à un ou deux domaines exemplaires. En effet, aucun chapitre n'est vraiment indispensable; quel avantage pour un juriste de maîtriser la loi d'Ohm ou celles de Kirchhoff qui régissent les circuits électriques? pourquoi un économiste devrait-il savoir utiliser la loi d'Ampère et calculer le champ magnétique d'un solénoïde? un futur licencié en sciences politiques doit-il vraiment être capable de calculer une trajectoire balistique? Allons donc!

Par contre, montrer comment on découvre une loi physique (peu importe laquelle), comment on s'en sert, quelles sont ses limites, puis comment se développe et progresse la connaissance en science, ça, je le trouve indispensable et faisant partie d'une culture générale de base. En d'autres termes, il faut parler beaucoup plus de la démarche, des idées fondamentales qui sont essentiellement simples et nécessitent très peu de mathématiques (Einstein dixit); cessons de trop *bidouiller* nos chères formules...

Je n'en prêche pas pour autant une conversion à la vulgarisation, il n'est pas question de transformer le cours de physique en spectacles ludiques ou en séances de vidéo. Avec les

moyens multimédia à disposition aujourd'hui, les tentations de dérapage sont très fortes; je crois cependant qu'il existe, entre une physique-vulgarisation-spectacle et une physique-ennui-formules, un espace assez large pour explorer plusieurs voies intéressantes, souvent ardues, certes, mais praticables et qui permettent de faire entendre un peu la musique.

#### Deux pistes

Au cours de ma carrière j'ai défriché dans ce créneau quelques pistes variées; avec des succès divers, mais qui m'ont convaincu chaque fois qu'il vaut la peine d'innover même pour s'aventurer dans des enseignements pas très orthodoxes. Je me bornerai à décrire ici deux expériences que j'ai trouvées particulièrement fructueuses et qui ont été approfondies.

Pour me faire entendre par un public plutôt littéraire, j'ai choisi de parcourir l'histoire de l'astronomie et de sa fille, la mécanique. En abandonnant le plus possible le formalisme mathématique et en plongeant volontairement le propos dans un bain très culturel, j'ai mis sur pied un cours qui a pris d'abord la forme d'un photocopié et qui s'est ensuite mué en livre<sup>1</sup>.

La première partie est consacrée à la description des aspects et des mouvements qu'une simple observation visuelle permet de découvrir dans le ciel. Ces données permettent alors de se former une représentation du monde qui nous entoure, un *modèle*, disent les physiciens. Modèle qui doit expliquer, justifier ce qu'on observe et être capable de prévisions. On est là au cœur du processus d'acquisition de la connaissance en physique. Les élèves peuvent ici faire l'exercice de se forger eux-mêmes leur propre représentation du monde... qui spontanément va être géocentrique: une Terre immobile avec un Soleil et une Lune qui lui tournent autour. Si l'on affine les observations en introduisant les mouvements planétaires, le modèle va demander des raffinements qui vont lui faire ressembler aux modèles cosmologiques de l'Antiquité qui sont exposés ensuite. Ce qui illustre la façon saccadée dont évolue la connaissance scientifique.

Dans la deuxième partie on voit tout d'abord

comment la physique intuitive et spontanée d'Aristote confirme le dogme de l'immobilité de la Terre par la simple observation de la verticalité de la chute des corps. On peut suivre aussi l'évolution des modèles antiques et comprendre pourquoi l'hypothèse héliocentrique d'Aristarque de Samos et de Copernic était si difficile à accepter à une époque où aucun argument scientifique n'était là pour soutenir le mouvement de la Terre. Avec les ennuis de Galilée et les silences de Descartes qui n'ose publier *Le Monde*, on montre comment les progrès de la science sont dépendants du contexte philosophique et historique d'une époque.

Le principe d'inertie peut ensuite être amené en douceur, grâce aux avatars et aux critiques médiévales de la mécanique aristotélicienne. Ce qui constitue un énorme progrès par rapport à l'acte de violence pédagogique perpétré chaque fois que, comme le veut la tradition, on parachute sans préalable les lois de la dynamique de Newton qui sont si contraires au sens commun.

La troisième partie du cours présente de manière simple l'émergence de la mécanique relativiste et la cosmologie d'aujourd'hui.

Ce panorama des conceptions de l'Univers depuis Aristote jusqu'au big bang présente de forts caractères d'interdisciplinarité avec la philosophie et l'histoire, il suscite ainsi d'intéressants thèmes pour les Travaux de Maturité. De bonnes résonances littéraires peuvent être créées aussi par la lecture de textes historiques comme le *Dialogo* de Galilée, qu'on peut exploiter pour des jeux de rôle, ou *La Lettre philosophique sur Descartes et Newton* de Voltaire, dont la verve d'un superbe français disparu ne peut manquer de toucher.

Aux travaux pratiques il est nécessaire de repenser complètement les objectifs des expériences fondamentales comme la chute des corps et le mouvement balistique pour les situer dans une dimension cosmologique: la Terre en mouvement devient le bateau qui avance alors qu'on lâche un objet du haut de son mât... et tant pis pour la troisième décimale de la valeur de l'accélération de la pesanteur!

L'astronomie et son histoire sont utilisées ici

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

DE LA PHYSIQUE ? FAUT-IL ENCORE ENSEIGNER LA PHYSIQUE AU GYMNASSE EN DEHORS DES OPTIONS ?

comme appas et sont d'une grande efficacité pour produire l'étincelle de curiosité qui constitue le premier pas dans la lutte contre l'illettrisme scientifique endémique.

Dans un registre très différent et beaucoup plus orthodoxe, j'ai mis sur pied un cours de physique nucléaire en trois parties : constitution du noyau, radioactivité et énergie nucléaire<sup>2</sup>. Ce sujet exemplaire permet non seulement une intéressante approche historique, mais aussi d'aborder des connaissances modernes, acquises au XXe siècle.

Il offre de plus une quantité impressionnante d'applications rencontrées dans la société actuelle et qui constituent des points d'accrochage ou des centres d'intérêt. Citons en vrac : les problèmes d'irradiation (naturelle par le radon des habitations ou artificielle comme dans l'industrie alimentaire), les techniques d'imagerie ou de thérapie de la médecine nucléaire, les méthodes de datations, les centrales électronucléaires, etc. Toutes ces applications intéressent et touchent, car elles concernent aujourd'hui chaque individu dans son quotidien.

C'est aussi une occasion d'aborder les grands problèmes énergétiques d'aujourd'hui avec les espoirs immenses suscités par les futures centrales à fusion ou de faire comprendre pourquoi la maîtrise technologique de l'enrichissement de l'uranium constitue un enjeu majeur de l'actualité géopolitique contemporaine.

La démarche révèle l'importance des implications de la science sur le monde contemporain, et l'enseignant qui traite de ce sujet peut, chaque semaine, mener en classe une discussion basée sur une actualité liée au nucléaire, fraîchement extraite des *media*. Le côté technique de la matière permet l'acquisition de savoir faire de calculs numériques, l'entraînement à l'utilisation d'unités et de leurs préfixes, la découverte (ou peut-être un approfondissement pragmatique) des lois exponentielles. Si l'on a la possibilité de faire des travaux pratiques dans le domaine, on pourra révéler l'aspect aléatoire du phénomène de radioactivité et entraîner l'utilisation d'outils statistiques élémentaires.

On le voit, un cours de physique nucléaire

peut être aussi riche de relations étroites avec le monde contemporain que de technicités. Il a un caractère plus quantitatif que la démarche décrite précédemment mais il constitue tout de même un apport essentiel à une culture générale scientifique.

## Quelques remarques encore...

C'est ma compassion profonde pour le malaise de ces élèves non scientifiques, le plus souvent ouverts et curieux, qui m'a donné l'énergie de remettre profondément en question l'approche traditionnelle et d'entreprendre l'immense travail personnel exigé par les démarches décrites ci-dessus.

A la question placée en exergue j'ai donc une réponse : oui, on peut enseigner la physique à des élèves non scientifiques, mais le défi pédagogique est tel qu'il faut d'une part adapter ses objectifs dans le sens que j'ai indiqué et d'autre part réserver ces cours aux enseignants les plus expérimentés, les plus capables d'adaptation. Or, traditionnellement, c'est tout le contraire qui se pratique puisque ce sont plutôt les débutants qu'on envoie se faire les dents devant ces classes !

Voilà...

Encore une confiance pour celles et ceux qui m'ont suivi jusqu'au bout de ces réflexions : quand je pense à ces élèves si rebutés par la physique, « j'ai la rage », comme disent aujourd'hui les adolescents, et j'aurais voulu exprimer tout ça plus vigoureusement ; la forme d'un long monologue incantatoire, une sorte de cri à la Léo Ferré sur fond de musique déjantée m'aurait convenu... mais le domaine de mes compétences ne s'étend malheureusement pas jusque dans ces contrées-là.

Eric Lindemann

ancien maître de physique au  
Gymnase et membre de la Commission  
Romande de Physique

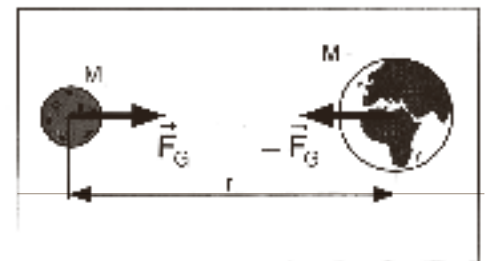
Pour tous commentaires, questions ou apostrophes : lindem@bluewin.ch

Dans l'Univers, tout corps attire n'importe quel autre corps avec une force proportionnelle au produit de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare.

ce qui s'exprime plus simplement par la relation mathématique :

$$F_G = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad [N]$$

G est une constante de la proportionnalité appelée la *constante universelle de gravitation*.



<sup>1</sup> *Mécanique, une introduction par l'histoire de l'astronomie*, Editions De Boeck, 1999.

<sup>2</sup> *Physique nucléaire, Cours et exercices*, Fascicule édité par la Commission Romande de Physique.

# LA FORMATION D'INGÉNIEUR ET L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

L'EPFL a vocation de former des ingénieurs et des scientifiques de haut niveau, répondant au mieux aux besoins de notre société. Tant l'industrie que les centres de recherche se diversifient, se complexifient et s'internationalisent. Pour répondre à leurs attentes, la formation d'ingénieur doit sans cesse s'adapter. La réforme des études à l'échelle européenne, introduisant une découpe de la formation en deux étapes, le bachelor et le master, a pour objectifs une plus grande souplesse et une mobilité accrue. Dans le but de mieux comprendre les enjeux du futur et le positionnement des études à l'EPFL, il est important de connaître certaines caractéristiques de la réforme en cours. Les gymnasiens venant à l'EPFL sont désormais confrontés à cette nouvelle structure.

## Les nouveaux cursus EPFL

Le bachelor apporte les bases scientifiques et techniques qui permettront à nos étudiants d'aborder leur master avec tous les atouts nécessaires. A l'EPFL, les études bachelor sont conçues de façon généraliste; on parle aussi de formation polytechnique. Elles ne sont pas pensées pour ouvrir directement la porte sur une profession, mais bien plus pour permettre une mobilité dans le choix du master. Cette mobilité a deux composantes. D'abord, le bachelor s'ouvre sur une mobilité géographique. Dans le futur, un étudiant pourra faire son bachelor dans une université et poursuivre ses études de master dans une autre institution. Ensuite, la découpe bachelor/master permet une mobilité thématique et transdisciplinaire. Moyennant quelques cours de rattrapage, l'étudiant peut faire son master dans une discipline voisine de celle de son bachelor. A l'EPFL, seule l'obtention du master (correspondant à notre ancien

diplôme) conduit au titre d'ingénieur et ouvre le chemin du monde du travail.

Au bachelor, le recrutement de nos étudiants est principalement axé sur la Suisse. Cependant, une promotion renforcée dans toute la francophonie est en cours. Au niveau master, l'EPFL attire un nombre croissant d'étudiants internationaux, la plupart choisis pour l'excellence de leurs prestations au niveau bachelor. L'anglais est déjà fortement utilisé comme langue d'étude au master. Cette évolution répond aux besoins d'internationalisation et de mobilité tant estudiantine que professorale. De façon générale, la venue d'étudiants étrangers renforce la multiculturalité du campus.

Dans l'optique de l'enseignement au gymnase, les points suivants doivent particulièrement être relevés:

- La plupart de nos étudiants entrant au bachelor sont en possession d'une maturité cantonale. La qualité de l'enseignement des sciences et des mathématiques dans les gymnases est donc une préoccupation importante de l'EPFL.
- La première année EPFL apporte les bases scientifiques profondes. Elle pose passablement de difficultés à de nombreux étudiants et agit souvent comme un filtre. Une bonne formation scientifique au gymnase facilite la réussite en début d'EPFL.
- L'ingénieur ou le chercheur doit s'intégrer dans notre société. Sa culture générale, ses connaissances en langues (français, allemand, anglais en particulier), ses capacités à structurer sa pensée et ses écrits sont également de première importance.

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

LA FORMATION D'INGÉNIEUR ET L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

- Les jeunes Suisses rencontrent des étudiants sélectionnés provenant d'institutions étrangères, principalement francophones et européennes au niveau bachelor, et internationales au master.

De récentes statistiques, effectuées sur les gymnasiens en possession des nouvelles maturités, ont mis en évidence un taux d'échec élevé à la première tentative de l'examen propédeutique de première année. Ce taux est particulièrement inquiétant pour tous ceux qui n'ont pas suivi les mathématiques renforcées. Plusieurs indices convergent vers la nécessité de mieux étayer l'enseignement des sciences et des mathématiques dans les gymnases et de le rendre plus attractif. L'enjeu est de taille: il s'agit d'intéresser nos jeunes à des métiers techniques et scientifiques, de leur donner un bon niveau de connaissance dans des disciplines jugées ardues, tout en maintenant une excellente formation générale. Nous n'avons malheureusement pas de solution toute faite à ce problème, mais nous aimerions partager quelques réflexions, de loin non exhaustives, sur ce sujet.

Nous allons dans un premier temps nous pencher sur les qualités requises d'un bon ingénieur et sur la place et la reconnaissance que notre société lui réserve. Nous analyserons ensuite les activités de recherche scientifique pour mieux cerner le processus de découverte et d'apprentissage et voir comment nous en inspirer pour l'enseignement. Finalement, nous évoquerons certains liens entre les sciences techniques et mathématiques et les autres domaines d'enseignement gymnasial.

## Les qualités d'ingénieur

Par essence, un chercheur scientifique a vocation d'interroger et de comprendre la nature. L'ingénieur, lui, tire profit de ses connaissances pour transformer son environnement selon certains objectifs. Dans tous les cas, la *curiosité* constitue une qualité primordiale. Cette force de l'esprit pousse le chercheur à ne pas se contenter de réponses toutes faites, à comprendre les détails d'un événement, à rattacher un résultat étonnant à l'ensemble de son savoir. La

curiosité incite l'ingénieur à ne pas considérer la nature comme un état de fait, à chercher à la transformer et à fabriquer des produits utiles à l'ensemble de la société. La curiosité va de pair avec *l'ouverture d'esprit* qui permet d'accepter et de discuter sur des bases logiques toute proposition, aussi étonnante soit-elle. Un fondement de la science moderne fut de douter, comme Descartes.

Une autre qualité essentielle réside dans la *passion*. Elle motive le chercheur dans ses activités souvent ardues et laborieuses. Saint-Exupéry disait: « Si tu veux construire un bateau, ne rassemble pas des hommes pour aller chercher du bois, préparer des outils, répartir les tâches, alléger le travail, mais enseigne aux gens la nostalgie de l'infini de la mer. » Un regard dans nos laboratoires suffit pour nous convaincre que la science et la technique peuvent passionner.

Pour concevoir de nouveaux produits l'ingénieur doit être *créatif* et imaginatif. Cela ne veut pas dire qu'il apprend tout de lui-même, mais qu'une compréhension profonde de tout un domaine lui permet parfois de faire le pas décisif au bon moment.

Pour pouvoir créer, un ingénieur doit posséder de larges connaissances et un bon savoir-faire. Il doit surtout digérer ces connaissances et les intégrer les unes aux autres. Une tête bien faite est préférable à une tête bien pleine. Le *raisonnement structuré* lui permet de rassembler ses connaissances, de les relier entre elles pour obtenir un tissu dense sur lequel il pourra construire et créer.

Le monde et la science évoluent rapidement. Il est illusoire de croire que l'on peut dominer des sujets pointus pour le reste de sa carrière. Il convient de se former sans cesse. En revanche, les *bases* acquises au cours des études vous suivent ou vous font défaut tout au long de votre carrière.

Le travail solitaire a disparu, l'ingénieur appartient à un groupe. Ses qualités *humaines* et *sociales* lui permettent de travailler en équipe, de gérer des projets et de comprendre les besoins des clients. Par ses activités, l'ingénieur peut engendrer des impacts favorables ou nuisibles. Il lui appartient donc de suivre une dé-

marche éthique forte.

Toutes ces qualités s'acquièrent progressivement au cours de la formation. D'où l'intérêt de les partager le plus tôt possible. Mais pour qu'elles trouvent un terrain fertile, il convient de s'arrêter un instant sur la passion des jeunes pour la technique et les sciences.

## Le prestige perdu

Au XXe siècle, la technique a envahi et transformé notre société. Les appareils ménagers, l'automobile, la télévision, le téléphone portable, l'ordinateur ont changé notre façon de vivre. Nos activités les plus diverses regorgent de produits industriels et de technique. Paradoxalement on note un désintérêt des jeunes pour les métiers scientifiques. La profession d'ingénieur a semble-t-il perdu de son prestige. Pourquoi ?

La passion des jeunes pour la technique s'exprime sous une autre forme, comme en témoigne l'engouement pour les consoles de jeu, les gadgets électroniques, ou le scooter le plus performant. L'attrait pour les sciences et la technique est donc heureusement toujours vivace. Par contre, nos adolescents semblent se comporter plus en utilisateurs qu'en constructeurs. Ils reflètent ainsi l'évolution de notre société: qui peut encore réparer lui-même sa voiture? Nos produits sont devenus des boîtes noires que l'on apprend à utiliser *de l'extérieur*. Il y a trente ou cinquante ans, il était *prestigieux* pour un jeune de désosser un vélomoteur et de le transformer. Est-ce toujours le cas aujourd'hui ?

Le grand public croit à une complexité technique grandissante de nos produits de tous les jours. Il se contente donc d'apprendre à les utiliser, sans avoir la curiosité de les comprendre. En fait, un travail important de l'ingénieur consiste à simplifier au maximum un produit, ce qui augmente sa fiabilité et diminue son coût. A l'heure actuelle, des techniques très diversifiées sont utilisées, mais la plupart des produits pris séparément sont simples à comprendre. Il convient de remettre en lumière la créativité de la technique et toute l'ingéniosité qu'elle rassemble.



Tout produit peut être utilisé pour le meilleur ou pour le pire. Toute mauvaise utilisation fait tache sur le prestige de l'ingénieur et finalement sur la motivation de nos jeunes à se lancer dans ces métiers. Un discours ouvert et critique sur les dérives potentielles, ou parfois réelles, est primordial.

#### Interroger, découvrir et modéliser

Quels sont donc les processus de découverte qui forgent cette créativité et stimulent la capacité d'innovation ? Ils présentent de nombreuses similitudes avec les processus d'apprentissage et donc avec l'enseignement des sciences.

Un jeune chercheur qui débute un projet dans les laboratoires de l'EPFL doit d'abord se familiariser avec la matière. Il le fait sous la conduite d'un professeur et de collaborateurs expérimentés, qui le guident et l'instruisent. La matière scientifique fait partie d'un tout qui s'acquiert et se construit d'une manière logique, cohérente et structurée.

L'expérimentation fait partie du jeu. Elle sert à confronter son savoir avec la réalité et à interroger la nature. Ce sont souvent les résultats *surprenants* qui aiguïssent la curiosité et la créativité du chercheur et qui débouchent sur des nouveautés. Encore faut-il que l'expérimentateur ait une base de connaissances suffisante pour les remarquer et en tirer profit. Le chercheur devra ensuite faire preuve de ténacité pour vérifier, analyser et modéliser dans le détail ses résultats. Sa maîtrise du langage et des techniques mathématiques ainsi que son savoir-faire expérimental jouent un rôle central dans son succès.

Ce processus employé en recherche devrait nous inspirer pour l'enseignement des sciences et des mathématiques. De quoi suggérer quelques pistes :

- Les études scientifiques nécessitent de rattacher les connaissances entre elles pour former un tout logique et cohérent. Le raisonnement logique doit se travailler dès le début de l'enseignement des sciences, et peut-être aussi de la philosophie. La tendance de plus en plus



généralisée à l'utilisation de fiches disparates ne va pas dans ce sens. Des livres de base pourraient être une aide utile. Pour les mêmes raisons de cohérence, il est important de savoir résoudre des exercices complexes, mélangeant le nouveau sujet avec de la matière traitée précédemment. Sans oublier de cultiver l'intuition par de tels exercices.

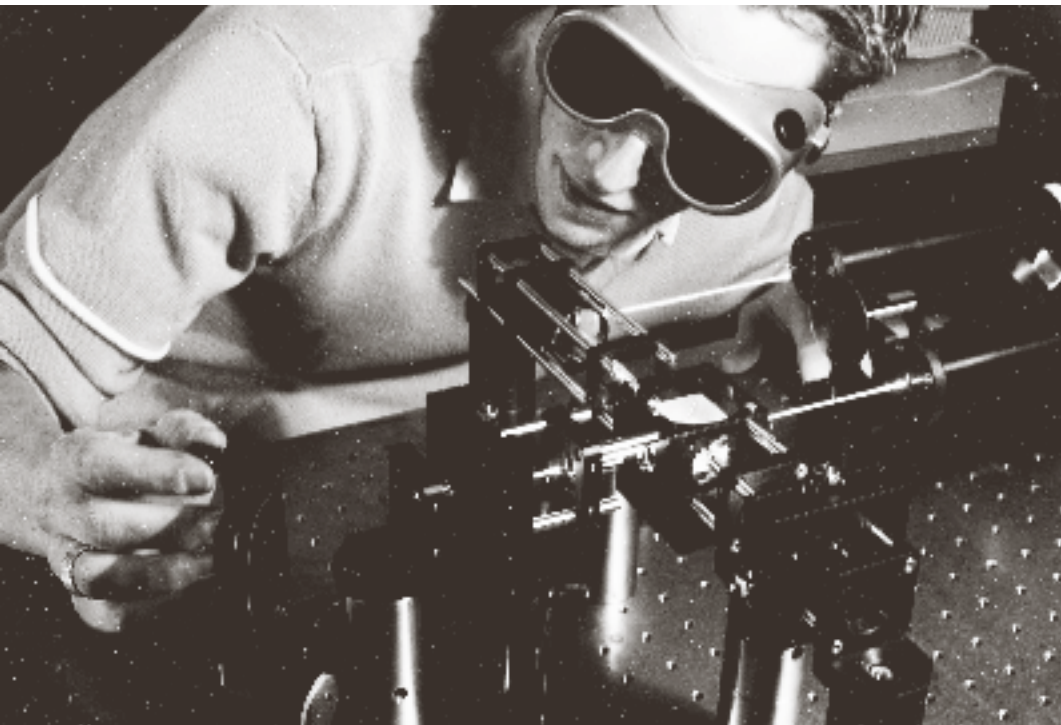
- Les élèves doivent dominer un sujet avant de pouvoir s'attaquer avec succès au domaine suivant. Les sujets bien acquis pourront alors être portés à leur limite sans risque de confusion. Dans cette phase d'apprentissage, des exercices de *drill* semblent incontournables.
- L'introduction d'un nouveau sujet nécessite une motivation. Pourquoi changer de modèle tant que l'ancien n'est pas pris en défaut ? Confronter un élève à une expérience surprenante aide à aiguïsser son attention et sa curiosité. Il s'agit là d'une approche inductive. Par exemple, la vie de tous les jours apprend à l'élève que la chute d'une bille de plomb est nettement plus rapide que celle d'une plume.

La même expérience, faite dans le vide, permet une remise en cause du modèle intuitif. L'expérimentation *en direct* devant la classe requiert une grande maîtrise de la part de l'enseignant. Mais cette prise de risque est enrichissante et efficace.

- La modélisation pose problème dans les premières années d'apprentissage des sciences, car le langage mathématique souffre encore de lacunes. Des modèles très simplifiés peuvent néanmoins apparaître progressivement. Il nous semble important que l'élève apprenne à reconnaître les termes mathématiques et à les interpréter physiquement. Il devrait également réussir à reconnaître les similitudes entre deux modèles. Par exemple, la description du mouvement rectiligne et celle de la rotation d'un corps sur lui-même sont semblables, le moment d'inertie remplaçant la masse.
- La modélisation est ardue, mais elle a un but : elle vise à l'universalité et permet de prédire le résultat de nouvelles expériences.

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

LA FORMATION D'INGÉNIEUR ET L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES



La description de cas isolés est une première étape dans l'apprentissage des sciences. Elle doit absolument se compléter par une généralisation.

- Les étudiants ont de grandes difficultés à se concentrer longtemps sur un sujet. Le raisonnement logique et la cohérence intrinsèque aux sciences pose des exigences idéales pour exercer cette capacité essentielle dans bien des domaines.
- De même qu'un jeune doctorant est suivi par un directeur de thèse, l'élève a besoin d'être guidé dans son apprentissage. Néanmoins, l'apport personnel de l'élève doit être mis en évidence. Le plagiat constitue un danger permanent. Il viole une règle d'éthique fondamentale ! Or nous voyons trop de textes *banalisés* dans lesquels apports personnels et copies sont mélangés sans références claires.

## Penseurs multidisciplinaires

L'enseignement des sciences mise sur la cohérence et le raisonnement logique. La modélisa-

tion et le langage mathématique permettent de construire une généralisation. En contact avec l'expérimentation et la technique, l'étude des sciences facilite le développement de la curiosité et de l'ingéniosité. Toutes ces caractéristiques sont profitables dans d'autres domaines d'études. Les exposés oraux et la rédaction de textes nécessitent non seulement une bonne maîtrise de la langue, mais également une structuration logique et un bon raisonnement. Les mots de Boileau restent d'actualité : « Ce qui se conçoit bien s'énonce clairement et les mots pour le dire arrivent aisément. » Souvenons-nous que les grands penseurs de l'histoire étaient des savants multidisciplinaires, de véritables polytechniciens. Léonard de Vinci était artiste et ingénieur. Nombre de philosophes, comme Pascal ou Descartes, ont marqué les sciences naturelles de leurs empreintes. Comme en sciences, l'œuvre des grands penseurs repose sur des principes fondamentaux (des « idées claires » chez Descartes) et sur des déductions logiques.

## Conclusions : initiatives prises par l'EPFL

Face aux exigences d'une carrière d'ingénieur qui s'exprime forcément dans un contexte international très compétitif, les étudiants de l'EPFL doivent acquérir de très nombreuses compétences. Leur réussite dépend donc étroitement de l'enseignement mathématique, scientifique et technique donné lors des études secondaires. L'EPFL va mettre en place une cellule gymnase pour renforcer sa collaboration avec les établissements secondaires et contribuer à une stratégie innovante face aux nombreux défis évoqués ici. Afin d'apporter rapidement quelques réponses, l'EPFL a déjà mis en œuvre plusieurs actions. Ainsi, tous les nouveaux étudiants de l'EPFL reçoivent la brochure intitulée « Savoir-faire en mathématiques pour bien commencer à l'EPFL ». Quant au module « PolyMaths », il complètera le Cours de Mathématiques Spéciales (CMS). D'une durée d'un semestre (au printemps), il permettra aux étudiants qui en ressentent le besoin de se préparer de manière optimale à l'entrée en première année. Par son engagement, l'EPFL tient à démontrer qu'elle attache la plus haute importance à sa mission de former les scientifiques et les ingénieurs qui relèveront les grands défis liés à l'avenir de notre société, de notre environnement et de notre économie. Elle entend à cet égard travailler étroitement avec les établissements secondaires pour favoriser le parcours des élèves vers des études passionnantes et stimulantes, et vers un succès professionnel légitime.

**Pierre-André Besse**

décanat bachelor/master, chargé de cours en Microtechnique, EPFL

# 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 théorie<sup>1</sup>, 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 Brousseau<sup>2</sup>, 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 contemporains<sup>3</sup> 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

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

LA DIMENSION ÉPISTÉMOLOGIQUE EN DIDACTIQUE DES SCIENCES



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 Rollo<sup>4</sup>, 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 ouvrage<sup>5</sup> consacré aux conceptions épistémologiques de lycéens de 17 ans, Marie Larochelle & Jacques Désautels nous disent :

*« En somme, l'image de la science serait tribulaire, 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 recherche<sup>6</sup> 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 inextrica-

ble qui existe entre la manière « efficace » d'apprendre et le statut épistémologique du savoir visé. L'enseignant a ainsi une double responsabilité épistémologique : 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 Martinand<sup>7</sup> :

« 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 Giordan<sup>8</sup> :

(...) 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.

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

LA DIMENSION ÉPISTÉMOLOGIQUE EN DIDACTIQUE DES SCIENCES

## 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 a entre les sciences et pratiquement toutes les disciplines scolaires.

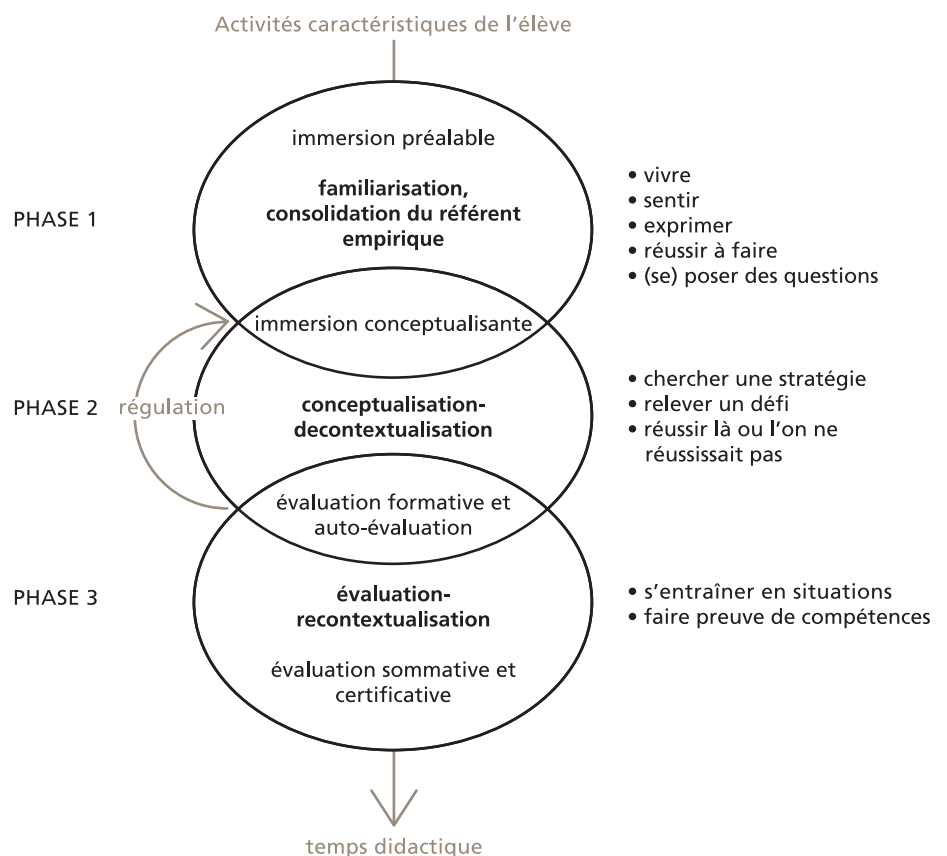
## 3 Structurer les séquences d'enseignement

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 problématise 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 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](http://dipmat.math.unipa.it/~grim/Gloss_fr_Brousseau.pdf))

<sup>1</sup> Voir par exemple la page [tecfa.unige.ch/staf/staf-g/STAF15/theo.html](http://tecfa.unige.ch/staf/staf-g/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](http://www.ibe.unesco.org/cops/Competencies/observ_critiq.pdf).

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

<sup>3</sup> 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.

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

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

<sup>6</sup> 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.

<sup>7</sup> 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/Tid/Pdf/Modelisa.pdf>).

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

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

## STANDARDS DE FORMATION POUR LES SCIENCES NATURELLES EN SUISSE : UN PROGRÈS ?



### HarmoS (harmonisation de l'école obligatoire)

Parmi les objectifs généraux du projet HarmoS, la CDIP (conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique) a opté pour l'élaboration de standards nationaux de formation. Elle a donné mandat à quatre consortiums (langues 1 et 2, mathématiques et sciences naturelles) d'élaborer des standards de formation, reposant sur la construction d'un cadre de référence disciplinaire et sur la description de niveaux progressifs de compétences. Les standards adoptés illustreront avec précision les niveaux de base que tous les élèves doivent au moins avoir atteints à la fin de la 2e, de la 6e et de la 9e année scolaire. Ils influenceront durablement les futurs plans d'études des trois régions linguistiques. Les tests élaborés serviront à fixer les standards de base et, par la suite, permettront une régulation (monitorage) du système scolaire suisse.

### Conception et fonctions de standards de formation

Les standards de formation concrétisent les objectifs généraux de formation, sous la forme d'un *modèle de compétences* qui représente les aspects, les exigences et les progressions des compétences (Klieme, 2003). Centrés sur une conception didactique systématique de la discipline, ils sont contraignants pour tous sous la forme de standards minimaux (de base), réguliers ou maximaux. La CDIP a opté pour des standards de base, alors que l'Allemagne a choisi des standards réguliers (Regelstandards) ne devant être atteints que par 50% des élèves.

Selon Klieme (2003), les standards de formation :

- sont conçus en se référant à des objectifs géné-

raux de l'éducation et en transposant les apprentissages scolaires en exigences concrètes ;

- fixent les compétences que les élèves doivent avoir acquises ou développées à la fin de certaines années scolaires ;
- transposent les objectifs de l'éducation en exigences concrètes : les compétences exigées ;
- s'appuient sur des modèles de compétences qui fournissent aux enseignants un système de référence pour leur agir professionnel ;
- conduisent à une qualité de la formation comparable dans les régions ;
- rendent transparents les objectifs et les exigences de l'école pour les élèves et les parents ;
- sont des fondements pour mesurer et évaluer les résultats des apprentissages au niveau du système et des écoles ;
- permettent la régulation (monitorage) de la formation, l'évaluation de l'enseignement et son développement.

« Les caractéristiques de standards de formation de qualité reposent sur un lien étroit avec la discipline, sur une focalisation sur un domaine-noyau de la discipline, sur la possibilité d'accumuler des apprentissages, sur un caractère obligatoire pour tous, sur une différenciation des niveaux de compétences, sur la clarté de la formulation et sur l'applicabilité grâce à des ressources et à des investissements réalistes. » (Klieme, 2003).



### Le modèle de compétences pour les sciences naturelles

Les premières réflexions autour du *modèle de compétences* pour les sciences naturelles se réfèrent à la « scientific literacy » (Bybee, in Gräber et al., 2002), aux standards développés aux Etats-Unis (National-Research-Council, 1996), au Canada (CMEC, 1997), au Royaume-Uni, en Ecosse, en Allemagne et en Belgique et à l'expertise de Klieme (2003). Elles s'appuient également sur les évaluations internationales des systèmes scolaires: PISA, TIMSS et IGLU<sup>1</sup>. Ce *modèle de compétences* tient compte de *l'analyse des plans d'études de sciences naturelles pour la Suisse* (Szlovak, 2005), du *plan d'étude cadre romand* (PECARO) et de diverses publications dans les domaines transversaux de l'éducation à la santé, à l'environnement et au développement durable. De plus, il puise ses fondements dans les recherches en didactique des sciences<sup>2</sup>.

Par *sciences naturelles+*, nous entendons une extension de la formation scientifique de base qui prend en compte les aspects de la signification des sciences naturelles dans un contexte social, par exemple des thèmes spécifiques de notre époque, tels que l'environnement, les conséquences de la technique et les préoccupations de l'éducation à la santé et au développement durable<sup>3</sup>.

Voici la définition des compétences adoptée par la CDIP comme référence commune au projet HarmoS (d'après Weinert, in Klieme, 2003) :

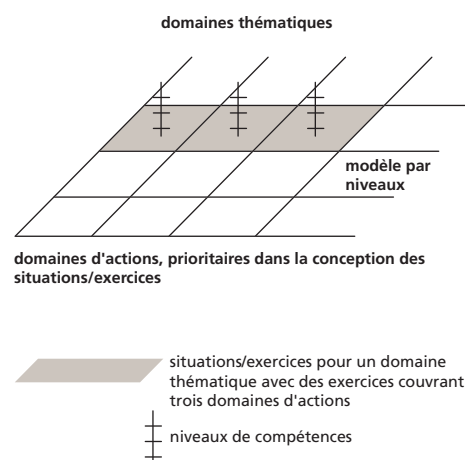
« Les capacités et les aptitudes cognitives dont l'individu dispose ou qu'il peut acquérir pour résoudre des problèmes précis, ainsi que les dispositions et les capacités motivationnelles, volitives et sociales qui s'y rattachent pour pouvoir utiliser avec succès et responsabilité les résolutions de problèmes dans des situations variables. »

Le *modèle de compétences* concrétise l'orientation fondamentale, les dimensions, les domaines et aspects de la formation et de l'apprentissage dans une discipline. Il décrit les domaines d'action (capacités et habiletés), les domaines thématiques et les niveaux d'exigence pour une formation de base dans la discipline (Labudde, 2006).

Le *modèle de compétences* (voir schéma ci-dessous) se présente sous la forme d'une matrice tridimensionnelle comportant les domaines d'actions, les domaines thématiques et les niveaux.

Domaines d'actions	Domaines thématiques
1 Développer l'intérêt et la curiosité	1 Planète Terre
2 Questionner et examiner	2 Forces et énergie
3 Exploiter les informations	3 Communication : réguler et coordonner
4 Classer et structurer	4 Matières
5 Apprécier et évaluer	5 Plantes et animaux
6 Développer et transposer	6 Milieux
7 Communiquer et échanger	7 Homme et santé
8 Travailler en autonomie	8 Nature, société et technique – perspectives

### Modèle de compétences en sciences naturelles+ (schéma)



Le domaine d'actions *Développer l'intérêt et la curiosité* est une attitude fondamentale des apprenants en sciences. Cette attitude devrait être développée dans tout apprentissage scientifique, mais elle ne fera pas l'objet d'une évaluation. Les domaines d'actions 2 à 7 représentent les compétences à développer particulièrement. *Travailler en autonomie* est un domaine de métacognition. Il s'agit, pour l'élève, de prendre conscience de ses méthodes de travail et de réfléchir sur les procédures et les démarches qu'il utilise.

Le *modèle de compétences* des sciences na-

tuelles se rapporte aux objectifs généraux de la discipline et servira à définir et légitimer les niveaux, respectivement les procédures de tests. Il représente des processus scientifiques d'étapes et de cheminements vers le savoir et le savoir-faire. C'est aussi un lien entre les objectifs abstraits et les collections concrètes de situations/exercices. Il prend ses racines dans les didactiques des sciences naturelles et les connaissances psycho-pédagogiques. Il assure une spécification des performances cognitives à plusieurs niveaux. Les domaines, dimensions et degrés des compétences y sont précisés, afin de les évaluer empiriquement par des situations/exercices (Labudde, 2006).

Les domaines de compétences sont scindés en compétences partielles, développées ci-dessous à titre d'exemple pour le domaine d'actions *Classer, structurer et modéliser* :

Domaine d'actions	Compétences partielles
Classer, structurer et modéliser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Collecter, comparer, structurer</i> des objets, des caractéristiques de phénomènes, des situations naturelles et des applications technologiques;</li> <li>• <i>Analyser, relier, mettre en réseau</i> (pensée systémique) des objets, des phénomènes et des situations;</li> <li>• <i>Développer, situer et ordonner</i>: développer et/ou reconnaître des modèles, des régularités, des concepts et en faire usage pour expliquer.</li> </ul>

Les domaines thématiques sont caractérisés par des lignes directrices décrites sous forme de concepts fondamentaux et de notions clé différenciées pour les degrés 2, 6 et 9. Ces domaines ne sont pas conçus comme une liste exhaustive de thèmes, mais ils doivent donner un cadre grossier aux contenus. Ainsi nous souhaitons éviter un catalogue de matières, qui devrait être défini plus tard lors de l'élaboration des plans d'études.

A la page suivante, l'exemple du domaine *Planète Terre*.

# 1 | POURQUOI LES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

STANDARDS DE FORMATION POUR LES SCIENCES NATURELLES EN SUISSE: UN PROGRÈS ?

Domaine thématique	Lignes directrices	Concepts fondamentaux, Notions clé
Planète Terre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• éléments et phénomènes naturels sur Terre, les sphères de la Terre</li> <li>• phénomènes météorologiques, observation du temps, climat, zones paysagères naturelles</li> <li>• roches, sols; les paysages et la Terre se transforment (forces naturelles, genèse des roches)</li> <li>• événements naturels, dangers naturels</li> <li>• Terre - soleil - univers, espace et temps</li> </ul>	<p>2e</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• éléments naturels - lumière, air, eau, roches autour de nous, transition nuit-jour,</li> <li>• observations de météo simples</li> </ul>
		<p>6e</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• représentation de l'espace, de la Terre</li> <li>• éléments naturels, cycle de l'eau, formation des roches</li> <li>• éléments de météo, événements naturels et leurs dangers chez nous (eau, neige, vents)</li> </ul>
		<p>9e</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• représentations de l'espace, du temps</li> <li>• cycles naturels "immuables"</li> <li>• rotation et révolution terrestres à l'origine des climats</li> <li>• biomes et écosystèmes</li> <li>• gravitation (mouvements et action de l'eau)</li> <li>• risques naturels: global – local</li> <li>• modèles explicatifs du monde</li> </ul>

## Niveaux

Les niveaux du *modèle de compétences* des sciences naturelles, montrent les différentes étapes lors de l'acquisition des compétences. Chaque niveau de compétence est caractérisé par des processus et des démarches cognitives d'une qualité précise, que les élèves sont capables de maîtriser à ce degré, mais non à des degrés in-

férieurs (Klieme, 2003). Dans un premier temps, nous avons recherché une gradation dans chacune des compétences partielles formulées sous forme d'une progression d'exigences (voir l'exemple ci-dessous). Ensuite nous avons défini des niveaux pour chacune des compétences.

Les standards de formation sont d'abord décrits en nommant les compétences que les élèves doivent atteindre à la fin d'un certain degré

Compétence partielle	exigence 1	exigence 2	exigence 3
Collecter, comparer, structurer	Réunir des indices, objets et matériaux pour les comparer et les classer selon des critères individuels ou ordinaires	Réunir et identifier des indices, objets et matériaux pour les classer selon des critères ordinaires ou selon des critères scientifiques prescrits	Réunir, identifier et choisir des indices, objets et matériaux; les classer selon des critères/catégories scientifiques développés en autonomie et les comparer
	(critères/catégories purement formels)	(critères/catégories formels et fonctionnels)	(critères/catégories formels, fonctionnels et procéduraux)

scolaire. Les standards déterminent un niveau de compétence précis, ici l'exigence minimale à laquelle tous les élèves doivent satisfaire: ces standards de base sont en quelque sorte une norme. C'est par des tâches (situations/exercices) et procédés de tests que nous allons recueillir des données fondamentales. Notre mission consiste, à cette étape, à créer une série de tests ayant pour but de valider notre *modèle de compétences*.

Par ces standards de formation, nous entrons dans une nouvelle culture des situations d'apprentissage et d'exercices pour l'enseignement. La formulation en termes de compétences a des conséquences sur la conception de l'enseignement. Le contrôle ne porte plus sur des fragments de savoirs inertes et reproductibles à court terme, mais sur les aptitudes des élèves. Cela signifie que l'on doit promouvoir l'intégration des connaissances et des aptitudes dans l'enseignement.

## Des tests

Différents types d'exercices sont à l'étude, il s'agit de tests papier et crayon, tests expérimentaux ou tests d'opportunités d'apprentissage. Ces diverses formes de tests exigent des conditions très différentes de mise en œuvre. Les plus complexes ne pourront pas faire l'objet d'un test de validation à grande échelle, car ce sont des tests dirigés par des opérateurs, qui ne peuvent être passés que dans un nombre de classes restreint.

Nous déploierons un test de validation papier/crayon au niveau national auprès d'un échantillon de 12'000 élèves aux degrés 6 et 9 en mai 2007. Ce test, identique pour les quatre consortiums, est dirigé par la CDIP. Nous préparerons des tests dirigés de 2e année, qui se composeront de 3 situations papier/crayon et 2 situations expérimentales que nous ferons passer dans une vingtaine de classes. Nous reviendrons en 6e et en 9e avec des tests expérimentaux et de découverte auprès d'un échantillon d'une vingtaine de classes chacun. Des plans (*design*) de tests nous permettent une vue d'ensemble des situations/exercices à produire<sup>4</sup>.

Par des procédures de tests adéquates (mesures psychométriques), les niveaux de compétences atteints peuvent être saisis. L'interprétation des résultats donnera des informations sur la validité du *modèle de compétences* et des niveaux préconisés. Ces conditions préalables sont indispensables pour une utilisation de tests dans la régulation du système éducatif, à l'image de PISA (CECD, 2004), de l'évaluation de l'école (vérifier que l'établissement atteint ses objectifs pédagogiques) ou du diagnostic individuel et du besoin en soutien pédagogique nécessaire.

#### Processus transparent pour *HarmoS sciences naturelles+*

Le consortium de sciences naturelles a tenu à s'assurer la collaboration d'enseignants dans ce processus d'élaboration du *modèle de compétences*. Trente enseignantes et enseignants des degrés 2, 6 et 9 participent au projet en critiquant les textes préparés par les experts, souvent enseignants eux-mêmes. Ils élaborent des situations/exercices et pilotent celles des experts. Cet *aller et retour* entre le consortium et les praticiens vise à garantir une adéquation du *modèle de compétences* à la pratique des enseignants et aux élèves.

L'organisation de séances de présentation du projet dans quatre régions (Zurich, Berne, Lausanne, Bellinzone) a permis d'ouvrir le débat sur les standards et les compétences et de recueillir de nombreuses remarques et suggestions qui ont pu être intégrées dans le *modèle de compétences*. A la suite de ces remarques, nous avons retiré un domaine d'actions et passé de 10 à 8 domaines thématiques. Les contenus des domaines thématiques seront encore adaptés.

De plus, *HarmoS sciences naturelles* est présenté à de nombreux congrès et assemblées. Il fait l'objet de plusieurs publications et articles.

Cette démarche devrait contribuer à une meilleure acceptation des standards au moment de leur introduction dans l'institution scolaire.

#### Les standards en sciences naturelles. un progrès?

L'enseignement des sciences naturelles devrait profiter de cette recherche pour donner une meilleure structure à la discipline. Cette colonne vertébrale renforcée se retrouvera donc dans les plans d'études régionaux. Les sciences naturelles se dotent ainsi d'une réflexion et d'une validation des compétences en éducation scientifique. L'ouverture aux domaines transversaux des éducations à la santé, à l'environnement et au développement durable est intégrée.

Le développement de standards de formation est un exercice permanent d'équilibrisme du point de vue de la didactique de la discipline. Les remises en question reviennent sans cesse : jusqu'où peut-on, doit-on, ose-t-on s'engager ? Où et quand les contradictions deviennent-elles trop importantes par rapport à nos propres représentations didactiques et pédagogiques ? Mais tous, nous allons devoir travailler avec les standards de formation.

Ce sont les politiciens et l'autorité scolaire qui choisiront ces standards de formation sur la base de la proposition des experts, pas les enseignants, ni les didacticiens ou les formateurs. En qualité de « participants », nous pouvons nous efforcer, dans le cadre du projet *HarmoS*, d'établir des fondements solidement étayés. Nous nous appuyerons sur l'expérience accumulée ainsi que sur la connaissance que nous avons des élèves, des degrés, du développement de l'enseignement, des modes d'apprentissages, de la didactique de la discipline et du contexte général de la formation. Les standards ne sont pas la panacée. Cependant, avec des enseignants motivés, des moyens d'enseignements cadrés sur les démarches préconisées par les plans d'études et une formation initiale et continue en harmonie avec le *modèle de compétences*, les espoirs sont permis.

François Gingins<sup>5</sup>

*enseigne actuellement à la HEP Vaud et au  
Gymnase de Beaulieu à Lausanne.  
Bon connaisseur des milieux de  
l'enseignement des sciences, il participe  
activement au renforcement de l'éducation au  
développement durable.*

Peter Labudde

*professeur de didactique des sciences  
à la Deutschsprachige Pädagogische  
Hochschule, Bern*

Marco Adamina

*professeur de didactique des sciences  
à l'école primaire à la Deutschsprachige  
Pädagogische Hochschule, Bern*

#### Bibliographie<sup>6</sup>:

- CDIP (2004). *Projet HarmoS – Appel d'offres pour le développement de modèles de compétences*. Berne, Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP).
- Giordan, A. (1999). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Belin: Paris.
- Klieme, E. et al. (Eds.) (2003). *Le développement de standards nationaux de formation: une expertise*. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Røegiers, X. (2004). *L'école et l'évaluation*. De Boeck. Bruxelles.
- Labudde, P. & Adamina, M. (2004). *Offerte HarmoS Naturwissenschaften*. Bern: PHBern.

<sup>1</sup> PISA, Programm for International Student Assessment  
TIMSS, Trends in International Mathematics and Science Study.

<sup>2</sup> Cf. Giordan, Røegiers, Labudde, Hammann, Spörhase-Eichmann et autres.

<sup>3</sup> Cf. STES: Science-Technology-Environment-Society; CMEC, 1997.

<sup>4</sup> Un exemple pour la 9e année est disponible sur le site de *Prismes*: [www.hep.vd.ch/publications](http://www.hep.vd.ch/publications).

<sup>5</sup> Nous remercions les membres du consortium *HarmoS sciences naturelles*, sans lesquels cet article n'aurait pu voir le jour. En plus des auteurs, ce consortium peut compter sur les compétences de L. Bazzigher (PHZH), B. Bringold (PHBE), P. Gigon (HEP-BEJUNE), B. Jaun (PHBE), A. Jetzer (PHZH), B. Knierim (PHBE), S. Metzger (PHZH), C. Nidegger (SRED GE), P.-Y. Theurillat (HEP-BEJUNE), M. Vetterli (PHZH), U. Wagner (PHBE), C. Weber (PHNW), A. Zeyer (Uni ZH).

<sup>6</sup> Une bibliographie plus complète se trouve sur le site de *Prismes*

# LES MATHÉMATIQUES FONT-ELLES PARTIE DES SCIENCES ?

Une solide tradition philosophique, représentée notamment par la critique kantienne et certains courants qu'elle a inspirés jusqu'à nos jours, affirme que les mathématiques sont éminemment une science.

Egalement physicien, le philosophe Emmanuel Kant cherchait à saisir les conditions de possibilité *a priori* d'une connaissance telle que la physique newtonienne. A cette époque, même en Angleterre, les savants écrivent en latin. Isaac Newton intitule sa théorie *Philosophiæ naturalis principia mathematica*. La physique s'appelle encore « philosophie naturelle ». Ses principes sont mathématiques. Kant précise que les disciplines dépourvues de principes de nature mathématique ne sauraient être des sciences.

Bien que ce contexte ne soit plus le nôtre, il présente d'étroits liens avec ce que nous constatons : dans toutes les académies des sciences du monde, il existe une section de mathématiques. Loin de ne pas y apparaître comme une science, elles sont même souvent considérées, en vertu de leur rigueur et de leur objectivité, comme la science exemplaire.

Il ne semble pas douteux que les mathématiques soient une science. Il suffit cependant de poser la question un peu autrement pour que naisse le débat, voire la polémique : *les mathématiques sont-elles une science naturelle ?*

Les spécialistes des neurosciences tiennent les mathématiques pour une invention de l'esprit humain. Une fois qu'il a créé un système à l'aide de quelques principes, le mathématicien explore et découvre les propriétés du système, inconnues au moment de sa création.

Mais lorsque nous sommes séduits par l'ordre de l'univers, nous sommes enclins à croire que les mathématiques le régissent et qu'elles préexistent à notre esprit, qu'on les découvre

comme intelligibilité de la nature (langage de Dieu ou reflet du monde des Idées).

Ces deux visions des mathématiques ont fait l'objet d'un débat célèbre entre deux professeurs du Collège de France, le mathématicien Alain Connes, prix Crafoord, médaille Field, et le spécialiste des neurosciences Jean-Pierre Changeux qui ramène les mathématiques à une construction neuronale.

Les mathématiques sont-elles *une découverte* de propriétés de la nature ? Les nombres imaginaires ou les équations différentielles existaient-elles, par exemple, quand la terre se formait, il y a 4,5 milliards d'années ? Sont-elles l'objet d'une science naturelle ou bien une magnifique invention de notre esprit ? Le débat entre Connes et Changeux n'apporta aucun élément de réponse, chacun campant sur sa position.

L'idée que les mathématiques ne sont pas une science naturelle apparaît très fortement chez le physicien américain Eugène Wigner, prix Nobel de physique, qui a écrit un article célèbre sur la puissance déraisonnable des mathématiques. Elles sont, comme le dit un autre physicien théoricien américain, Murray Gell-Mann, prix Nobel lui aussi, une discipline « supranaturelle » : elles englobent et surplombent les sciences de la nature ; elles ne leur appartiennent pas.

Nous pouvons cependant rétorquer que la géométrie est directement issue de l'observation de la nature. En de nombreux aspects, son développement s'apparente à celui de la physique. La construction des figures géométriques avec des instruments comme le crayon, la règle, le compas, représente une démarche expérimentale typique. Mais l'on n'aura aucune peine à nous répondre que, depuis François Viète, Pierre de Fermat et René Descartes, les courbes, les surfaces, les volumes sont devenus des équations.

Nous voyons ainsi la géométrie se fondre au sein des mathématiques. Il est possible de faire observer ici que la physique théorique se fond également au milieu des mathématiques. Son cas n'est pas si différent de celui de la géométrie. Dira-t-on pour autant qu'elle ne relève pas des sciences de la nature ?

Les mathématiques constituent pour les sciences de la nature, en particulier pour la physique, *le moyen et la mise en forme de leurs raisonnements*. L'algèbre et l'analyse sont nécessaires pour pratiquer les sciences. En retour, n'est-ce pas au contact des sciences de la nature que les mathématiques ont été amenées à résoudre les problèmes qui les ont fait progresser de manière significative ?

Nul doute que la géométrie naît de notre volonté de décrire les figures, les lignes, les surfaces et les volumes que nous rencontrons dans la nature, que le calcul différentiel et intégral a été créé pour les besoins de la mécanique, que Fourier développa sa décomposition en série pour résoudre le problème de la propagation de la chaleur...

Néanmoins, il ne manque pas aujourd'hui de mathématiciens qui revendiquent l'autonomie des mathématiques « pures », qui se développent hors des sciences naturelles. D'autres objectent que ces mathématiques lovées sur leur mouvement interne sont loin d'être aussi fécondes que celles qui résolvent les grands problèmes de la physique.

Quel parti prendre dans ce débat qui divise les mathématiciens eux-mêmes ? Notre intention de défendre une position justifiable nous obligera à un discours plus directement informé par la démarche mathématique elle-même.

#### Les mathématiques aux côtés de la physique.

Nous partons *du fait observable* que les mathématiques *ont une genèse*, qu'elles ne reposent pas sur des axiomes compris comme des vérités inconditionnelles, mais qu'elles se construisent à l'aide d'une axiomatisation qui leur permette d'évoluer du concret vers l'abstrait.

Les mathématiques ont une genèse qui s'enracine dans le psychisme de notre espèce. Nous



les découvrons ébauchées dans les formes les plus familières de la notion d'espace, de point, de droite, d'objet, de groupe de déplacements, de temps, de nombre entier, avant de s'en extraire par les voies de l'axiomatisation jusqu'aux niveaux les plus abstraits où elles jouissent d'un statut autonome, qui n'équivaut pas à une complète indépendance envers la situation concrète de départ<sup>1</sup>.

L'observation du développement de la notion de nombre chez l'enfant nous confirmera. Nous sommes tout d'abord frappés par son apparition tardive et par sa difficulté à se dégager de ses supports intuitifs. Le nombre « trois », par exemple, reste associé à la sensation du pouce, de l'index et du majeur tendus dans la position démonstrative que l'on sait ; à l'acte de prononcer l'un après l'autre les mots : un, deux, trois ; au souvenir d'un groupe de trois objets ; et plus tard au son du mot trois, à l'image visuelle des signes 3 ou III, etc. Ce n'est que petit à petit que l'esprit en abstrait l'idée du nombre pur, en laissant de côté tout ce qui ne relève pas de sa

fonction énumérative. Qui pourrait d'ailleurs affirmer que la notion abstraite continuerait à subsister, si le support constant du concret venait à lui faire défaut ?

Il est encore plus instructif de remonter plus haut dans le développement des facultés mentales de l'enfant, jusqu'avant le moment où la notion de « deux » paraît s'être distinctement précisée. Il semble bien que la conception de l'unité en opposition avec la pluralité accompagne et couronne l'effort d'abstraction qui mène à la conception de l'unité de l'objet à travers la multiplicité de ses aspects et des impressions qui s'y rapportent. D'autre part, pour que l'objet puisse être identifié avec lui-même dans ses déplacements, ou malgré les déplacements de l'enfant qui l'observe, il faut qu'il puisse être localisé par rapport à celui-ci. Il faut donc que l'enfant possède déjà les premiers éléments de son groupe expérimental de déplacements.

En somme, nous pouvons distinguer dans le développement de l'enfant un stade très primitif où ni l'opposition avant-après, ni la notion



de l'objet, ni la notion de la pluralité, ni la notion de l'espace ne sont encore sorties de leurs limbes. En liaison intime les unes avec les autres, dans une genèse assez lente, elles se dégagent et se constituent, donnant naissance en même temps à la notion d'objet, d'unité et de pluralité; aux formes intuitives<sup>2</sup> du temps et de l'espace; à l'idée de l'ordre de succession temporel et de la configuration spatiale.

Nous nous apercevons combien la genèse d'une numération est un phénomène complexe ! Finalement, le nombre apparaît au stade intuitif comme un caractère porté par l'esprit dans un ensemble très complexe d'impressions plus ou moins nettement perçues, résultant de l'action de l'objet sur le sujet et de l'emprise du sujet sur l'objet. Ce caractère est unifiant et schématisant, et admirablement approprié aux fins de l'action. Il est comparable à toute autre qualité sensible, telle que grand, jaune, ou pesant. Un groupe d'objets à la qualité « trois », par exemple, comme l'un d'eux a peut-être la qualité « rouge » ou la propriété « d'être transparent ».

En un mot, le nombre, dans sa signification primitive et dans son rôle intuitif, est une qualité physique de groupes d'objets. A partir de cette signification concrète, la notion du nombre évolue, par l'axiomatisation, vers un abstrait en devenir.

Nous nous démarquons ainsi de ceux qui justifient les constructions mathématiques par la logique. En effet, l'axiomatisation a pour objet de décrire un processus d'abstraction et d'énoncer systématiquement les notions que l'esprit doit accueillir ou de faire apercevoir celles qu'il doit éliminer. La logique consiste alors simplement à parler une langue efficace, à employer les mots et à mettre en mouvements les associations d'idées qui conviennent au but à atteindre. Mais si épurée que soient nos abstractions, l'exercice de la pensée ne saurait se passer des nombres pris dans leur sens ordinaire. Par exemple, pour pouvoir parler de relation logique, il faut qu'il y ait deux éléments au moins à relier, la notion de somme met trois nombres en relation, et ainsi de suite.

Lorsque nous lisons dans un ouvrage de mathématiques : « Axiome 1 : L'un de ces éléments sera désigné par le symbole 1 et appelé un », il est clair que le mot « un » ne prend pas deux fois la même signification. La seconde fois, nous entendons un-logique, tandis que la première fois son emploi ne dépasse guère la sphère de l'intuitif. Rien ne s'oppose à ce que les deux sens subsistent l'un à côté de l'autre. Pourquoi le premier formé ne servirait-il pas à évoquer le second ?

Nous observons que le concept de nombre n'est pas donné une fois pour toutes avec un sens immuable. La forme abstraite n'élimine pas la forme intuitive. Evidemment, les choses changent du tout au tout si l'on comprend les axiomes comme des vérités inconditionnelles et que l'on prétend fournir par l'axiomatisation l'essence même du nombre, sorte d'objet éternel. Mais les axiomes ne suffisent pas à fournir à eux seuls une définition complète des notions sur lesquelles ils légifèrent. Les axiomes qui font intervenir les notions de structure et de relation logiques ne sauraient faire exception, car ces notions ne nous sont pas plus innées que les notions de droite ou de nombre. Elles doivent, elles aussi, être abstraites d'un certain ensemble de données plus ou moins concrètes. Dire que nous pouvons circonscrire le domaine des mathématiques à l'étude des relations de structure, c'est soutenir l'idée que la forme pure existe en dehors et au-delà de ses réalisations; c'est supposer que les structures sont des objets éternels; c'est admettre que leur connaissance nous est directement accessible... Les mathématiques n'ont plus de genèse !

### Le mythe de la rigueur absolue

La perspective que nous adoptons par souci d'ouverture à l'expérience abolit le mythe de la rigueur absolue auquel Poincaré est encore enchaîné lorsqu'il écrit dans *La Science et l'Hypothèse* :

« La possibilité même de la science mathématique semble une contradiction insoluble. Si cette science n'est déductive qu'en apparence, d'où lui vient cette parfaite rigueur que personne

ne songe à mettre en doute ? Si, au contraire, toutes les propriétés qu'elle énonce peuvent se tirer les unes des autres par les règles de la logique formelle, comment la mathématique ne se réduit-elle pas à une immense tautologie ? Le syllogisme ne peut rien nous apprendre d'essentiellement nouveau et, si tout devait sortir du principe d'identité tout devrait aussi pouvoir s'y ramener. Admettra-t-on que les énoncés de tous ces théorèmes qui remplissent tant de volumes ne soient que des manières détournées de dire que  $A$  est  $A$  ? »

Le point culminant de cette inféodation au mythe de la rigueur absolue se trouve dans la dernière phrase de ce passage du livre que nous citons :

« Quelle est la nature du raisonnement mathématique ? Est-il réellement déductif comme on le croit d'ordinaire ? Une analyse approfondie nous montre qu'il n'en est rien, qu'il participe dans une certaine mesure de la nature du raisonnement inductif et que c'est par là qu'il est fécond. Il n'en conserve pas moins son caractère de rigueur absolue. »

Mais les mathématiques ont un double versant, nous dit très justement Léon Brunschvicg dans *L'Expérience humaine et la Causalité physique* :

« La mathématique unit rationalité et objectivité comme des fonctions solidaires et réciproques qui ne peuvent se séparer l'une de l'autre, parce que, contrairement au double rêve du réalisme dogmatique, la rationalité ne peut se transcender dans l'absolu d'une raison, dans la pure évidence, pas plus que l'objectivité dans l'absolu d'un objet, dans l'appréhension immédiate. »

La crise des fondements des mathématiques, les grandes mues de la physique, au début du XXe siècle, nous contraignent, si nous voulons bien en prendre acte, à nous débarrasser « du fantôme d'une raison qui serait transcendante au cours de la pensée mathématique ». La fiction de la rigueur absolue sépare les mathématiques de leurs réalisations, au lieu de se limiter à ne pas les réduire à celles-ci. Elle en fait un univers à part, qui tient en lui-même, reposant sur ses bases purement rationnelles. Mais cet idéal, qui



coupe les mathématiques de tout enracinement dans le psychisme humain et de leur genèse à partir des formes intuitives de la connaissance, les ramène à une immense tautologie. S'il y a une morale à tirer de l'entreprise hilbertienne d'axiomatisation formelle de la géométrie, elle tiendrait dans cette formule du mathématicien René Thom : « Pour accéder à la pure rigueur dans le raisonnement mathématique, il faut travailler sur des symboles vides de sens ». L'on aura évacué le psychologisme contre lequel Frege et ses épigones se sont élevés avec tant de vigueur, mais l'on aura également rendu les mathématiques insignifiantes.

#### Mathématiques et construction du réel

En plaçant les mathématiques aux côtés de la physique, dans les sciences naturelles, il nous faut préciser que ces sciences se confrontent à une réalité médiatisée par nos référentiels, comme d'ailleurs l'ensemble de nos connaissances.

Cessons d'imaginer que nos vues portent sur des réalités objectives déjà toutes constituées en

dehors de nous ! Il fut réservé à Kant de mettre à jour, par son analyse des notions d'espace, de temps, de substance, de causalité, que ce qui forme la connaissance est fonction d'une structure inhérente à l'esprit qui veut connaître. Cette découverte équivaut dans l'ordre mental à la découverte d'une loi naturelle dans l'ordre physique. Elle est loin d'avoir épuisé ses vertus critiques !

Sur la question de l'*a priori*, le développement des sciences a infirmé la théorie de Kant. La portée de sa découverte fondamentale n'en demeure pas moins entière. L'évolution actuelle des sciences, mathématiques comprises, la corrobore. Il se trouve pourtant que l'on continue souvent d'imaginer une sphère abstraite, celle des mathématiques pures, où la vérité est absolue. On parle fréquemment en ce sens de l'application du calcul aux sciences naturelles. Et l'on se trouve incapable d'expliquer en vertu de quoi cette application est possible et si efficace. Comment les milliers de pages de calcul de Le Verrier ont-elles bien pu amener à la découverte

de Neptune ? Mais, si au lieu d'avoir d'un côté des mathématiques pures, intangibles dans leurs structures logiques fondamentales, et de l'autre une réalité physique déjà toute constituée, nous avons, comme nous le soutenons, des mathématiques d'ores et déjà implicitement à l'œuvre dans la constitution familière du monde physique, le mystère disparaît. En effet, dès lors que nous cherchons à préciser des formes de notre connaissance intuitive, nous introduisons un système de repères aussi invariables et aussi serrés que possible, par rapport auxquels les variations des données sensibles peuvent être « objectivement » appréciées : c'est le chemin qui mène directement à l'abstraction mathématique et à la mesure ! Les abstraits mathématiques, les concepts de nombre, de droite ou de point sont en continuité avec les données intuitives dont ils ont été extraits.

Les mathématiques sont à la fois découverte et invention. Nous n'inventons pas les formes de la connaissance intuitive de la droite ou du nombre entier, nous ne découvrons pas non plus une réalité naturelle qui ne porterait pas la marque de nos structures mentales. Nous ne sommes pas enfermés dans l'alternative : ou bien les mathématiques sont une découverte des propriétés de la nature ou bien elles sont une invention de notre esprit. Les deux aspects s'entrelacent et les frontières entre les mathématiques et la physique ne sont pas nettement tranchées de part en part. En effet, rien n'est expérimentable qui ne soit calculable et rien n'est significatif au plan de l'abstraction mathématique, si elle se coupe de ses réalisations dans les sciences naturelles. Ces complémentarités rejaillissent sur les formes de nos connaissances intuitives et les rectifient, le cas échéant.

### Conséquences pédagogiques au niveau des écoles primaires et secondaires

Les *prêtés-rendus* au sein des sciences naturelles entre les mathématiques et la physique, mais aussi la chimie, la biologie, laissent ressortir *la tendance propre des mathématiques vers la rigueur des constructions abstraites, sans pour autant que le fil ne se casse avec le versant de*

leurs applications. Ils mettent également en évidence *la tendance propre de la physique, de la chimie, de la biologie vers les phénomènes dits « naturels », sans que le lien ne se rompe avec le pôle de la modélisation et de l'abstrait.*

A partir de là, l'enseignement des sciences dans les écoles, les collèges et les gymnases (lycées) doit tenir compte des deux directives suivantes pour éviter des conflits bien connus des milieux pédagogiques :

- a Il est exclu de voir dans les mathématiques l'archétype des sciences naturelles et de réduire l'étude de la physique à des exercices de mathématiques. Il importe de respecter la tendance propre de chaque science, sa spécificité. Chacune ouvre l'esprit à une méthodologie caractéristique du va-et-vient entre « observation/théorie/expérimentation et observation du résultat de l'expérimentation ».
- b A l'inverse, il est hors de question de ramener les mathématiques au seul bagage nécessaire aux cours de physique et des autres sciences, comme si elles n'étaient qu'un outil pour mesurer, calculer, fabriquer des formules rigoureuses. Les mathématiques s'appuient sur le concret, non avant tout pour des motifs didactiques, mais essentiellement pour se construire de seuil d'abstraction en seuil d'abstraction. Le va-et-vient entre « observation/théorie/expérimentation et observation du résultat de l'expérimentation » leur est intrinsèque. Le mathématicien et philosophe suisse Ferdinand Gonseth a élaboré<sup>3</sup> patiemment et avec une grande rigueur critique cette méthodologie *ouverte* des mathématiques, qui les raccorde à l'ensemble des sciences naturelles, où elles manifestent *leur tendance propre*.

Nous terminons en sachant avoir bousculé des préjugés, suscité des réactions, mais avec l'espoir de donner envie de réfléchir plus à fond sur le thème de l'éducation scientifique des enfants et des adolescents, à l'école primaire, au collège, au gymnase. Nous disons « éducation », car il ne s'agit pas tant d'enseigner des formules mathématiques que de faire aimer la

science, d'en faire comprendre la signification profonde. Dans ce cadre, il est nécessaire d'évoquer l'histoire, avec ses tâtonnements. « Vous ne comprenez pas bien la différence entre atomes et molécules ? Rassurez-vous, les chimistes les plus éminents, Dalton et Avogadro, se sont disputés pendant des décennies autour de ces deux concepts ! »

Pierre-Marie Pouget

*docteur en philosophie et ancien enseignant de philosophie au gymnase de Nyon*

<sup>1</sup> Les relations logiques à leur niveau le plus abstrait ne sont pas des structures définitives et ultimes, à partir desquelles toutes les mathématiques seraient déductibles. Les mathématiques sont plus complexes que cela et déjouent les tentatives logicistes, puisqu'aucun système formel ne peut se justifier lui-même, sans entraîner la création d'un autre.

<sup>2</sup> Par « formes intuitives », nous entendons celles de notre connaissance familière, quotidienne, susceptible d'évoluer, d'être révisée sous la pression d'une connaissance plus élaborée. Elles plongent leurs racines dans l'organique. L'on dit aussi « connaissance naïve », ce qui ne veut pas dire inefficace et toute simple. Elle est au contraire appropriée aux fins de l'action et complexe.

<sup>3</sup> Titres des principaux ouvrages de F. Gonseth sur ce sujet : *Les fondements des mathématiques, Mathématiques et réalités, Philosophie mathématique, Qu'est-ce que la logique ? La Géométrie et le problème de l'espace.*



# FAUT-IL ENSEIGNER LES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES À L'ÉCOLE ?



Au premier abord – scientifique que je suis, biologiste et théologien – la question m'a laissé perplexé: mais qu'est-ce qu'ils font à l'école, comment remettre en question une telle évidence? Je devais reprendre mes esprits et chercher le front polémique. Cette interrogation concerne-t-elle le devoir (faut-il?), l'enseignement (des sciences, en opposition à l'expérimentation par exemple), la science en elle-même ou son enseignement à l'école? Enfin, l'hypothèse à laquelle je suis arrivé est une compréhension restrictive du concept de science, réduit à son sens occidental moderne: faut-il enseigner les « sciences », sous-entendu les sciences de la nature, la connaissance de la nature des choses? Donc une remise en question de la mathématique, de la physique, de la chimie ou de la biologie? Quelle aberration! S'il fallait réduire l'enseignement à deux ou trois branches, la mathématique ou la physique mathématique devrait au moins y figurer.

Apprendre à apprendre, à penser et à juger, à savoir mettre en bonne relation le soi, les autres et le monde, pour moi, c'est la tâche de l'école, pédagogique et éducative, qu'on le veuille ou non.

Pour pouvoir *naître avec*, il faut connaître les objets avec lesquels nous sommes censés naître, grandir, vivre et mourir (mieux que *censés* serait *sensés*, parce que du sens il s'agit finalement, le sens que je donne à ma vie). L'art de connaître

est la science, et son acquisition se fait par l'expérience et l'enseignement, la mise en signes et symboles, c'est-à-dire un langage commun qui permet de prendre *conscience*, de penser, de communiquer, voire de communier: avec soi-même, autrui et le monde. Les « sciences » font la science, avec les « lettres » et les « sciences humaines ». Tout un chacun en a besoin pour comprendre, voire construire le monde qui est le sien, sa *Lebenswelt*, le monde dans lequel il vit et qui le fait vivre. J'espère – surtout comme théologien et pasteur – que c'est la science que vous voulez, à l'école. Ajoutez-y l'art et le corps; je m'occuperai du reste, en accord avec vous.

**Armin Kressmann**

*biologiste moléculaire, théologien,  
pasteur et éthicien*

A LA SUITE DE L'ARTICLE DE PIERRE-MARIE POUGET, VOICI UNE PARTIE CONSA-CRÉE AUX MATHÉMATIQUES. LA DIFFICULTÉ DE L'ABSTRACTION, LA NÉCES-SITÉ DE SE SITUER DANS SON ENVIRONNEMENT, LA CONSTRUCTION D'OUTILS POUR ORDONNER SA COMPRÉHENSION DU MONDE, SONT AUTANT D'AS-PECTS QUI CONCERNENT L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES. DU CYCLE INITIAL (CIN) AU GYMNASÉ, EN PASSANT PAR LE PRIMAIRE ET LE SECONDAIRE I, LES MATHÉMATIQUES ACCOMPAGNENT LES PARCOURS SCOLAIRES DES ÉLÈVES. LE RÔLE DE LA DIDACTIQUE EST PRIMORDIAL POUR FAVORISER NON SEULEMENT L'APPRENTISSAGE LUI-MÊME, MAIS AUSSI, DE FAÇON PLUS PRO-FONDE, L'ATTITUDE FACE À LA DISCIPLINE POUR DISSIPER SI POSSIBLE LE SEN-TIMENT QUE LES MATHS, C'EST TROP COMPLIQUÉ...

## ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE AU CIN OU COMMENT INTRODUIRE LA NOTION DE RÉGULARITÉ GÉOMÉTRIQUE

Florence Milani et Chloé Jonzier, deux étu-diantes de la HEP Vaud au 4e semestre de leur formation, planifient une séquence d'enseigne-ment de mathématiques, relevant du domaine de l'espace, pour six élèves de deuxième année d'une classe de cycle initial (CIN). Trois moments d'enseignement sont prévus à cet effet. Pour dé-marrer la séquence, elles décident de raconter une histoire aux enfants:

*Jérémy travaille dans un très grand et très beau magasin de jouets. Il y en a de toutes sortes et de toutes les couleurs, des peluches, des pou-pées, des jeux... Jérémy, lui, s'occupe de ranger les voitures. Il fait très attention, car son patron aime que tout soit bien rangé, sinon il se fâche. Il ne peut pas placer les voitures dans n'importe quel ordre. Comme c'est bientôt Noël, la vitrine du magasin doit être magnifique. Seulement, Jérémy s'embrouille: il a besoin d'aide! Voilà la règle que son patron lui a demandé de suivre: tu dois mettre à la suite deux voitures rouges, puis une voiture jaune et une voiture verte; tu dois ranger toutes les voitures de la même manière!*

Durant le déroulement de l'activité, Chloé et Florence ont remarqué que les échanges dans les groupes et entre les groupes étaient très productifs. Voici quelques démarches d'élèves qu'elles ont observées au cours de la première phase de la situation.

Les élèves:

- 1 fabriquent une seule suite;
- 2 placent tous les véhicules au hasard;
- 3 alignent les véhicules selon la règle et les ran-gent sous forme de tableau,  
RRJV,  
RRJV,  
RRJV;
- 4 ordonnent les véhicules selon la règle en une ligne, RRJV, RRJV, RRJV, RRJV;
- 5 posent une première série dans l'ordre prescrit et une deuxième dans l'ordre inverse: RRJV, VJRR.

Dans la mise en commun, chaque groupe exprime les procédures utilisées pour résoudre le problème. Les stagiaires, en reprenant l'une d'elles, placent une voiture jaune et demandent

aux élèves de poursuivre la suite. Puis, pour clore la mise en commun, elles proposent aux élèves de trouver un moyen infaillible pour ranger les voitures en l'absence du patron et pour se rappeler la règle des couleurs. Un élève dessine une première voiture au tableau, mais cela prend du temps. Un autre élève propose de symboliser la règle avec des ronds de couleurs. Ce même jour, un prolongement à l'activité est proposé aux enfants: à tour de rôle, ils vont jouer le rôle du patron et donner une règle de rangement inédite à leurs camarades.

#### Une semaine plus tard...

Chloé et Florence annoncent aux élèves qu'ils vont à nouveau jouer avec les voitures et rappellent l'histoire de Jérémy. Elles précisent que la règle symbolisée avec des ronds de couleurs est notée au tableau, puis elles communiquent oralement les consignes de la nouvelle situation.

- 1 Chaque groupe de deux reçoit une bande de papier où sont dessinées des cases symbolisant des places de parc,
- 2 vous devez chercher là-bas quatre voitures rouges et les placer sur la bande de papier. Une fois posées vous ne pouvez plus les bouger,
- 3 ensuite vous allez chercher les voitures jaunes et vous les placez sur la bande,
- 4 lorsque vous avez parké les voitures jaunes, vous allez chercher les vertes et vous les placez aussi sur la bande de papier.

Nos deux stagiaires relèvent que cette situation crée un certain nombre de difficultés et qu'elles sont obligées de proposer des relances pour que la situation évolue selon ce qu'elles avaient prévu. Que s'est-il passé ?

Les élèves posent toutes les voitures rouges collées les unes aux autres; ainsi, lorsqu'ils vont chercher les voitures jaunes, ils ne savent pas combien en prendre. De ce constat naît la première relance des enseignantes: « *Vous devez prendre le bon nombre en fonction de la règle donnée pour ranger les voitures.* »

Les élèves prennent alors 4 voitures jaunes, les placent à côtés des rouges et font de même avec les vertes. Lorsqu'ils comparent la règle avec leur rangement, ils remarquent que l'or-



dre n'est pas correct. Ils décident alors d'enlever toutes les voitures de la bande de papier et recommencent. Comme ils ont 4 voitures de chaque couleur, ils réitérent leur erreur. Les enseignantes tentent une nouvelle relance en les contraignant à poser d'abord les rouges et à envisager ce qu'il faut faire pour placer les autres voitures en respectant l'ordre de la suite. La tâche est difficile et semble trop éloignée de leurs compétences.

Chloé et Florence tentent malgré tout de faire réussir la tâche. Constatant que les élèves sont perdus, elles décident d'abandonner l'activité et réunissent les élèves pour une mise en commun où elles vont montrer étape par étape comment s'y prendre pour réussir l'exercice.

Peu de temps avant les vacances de fin d'année, pour terminer la séquence, les deux enseignantes proposent aux élèves une activité *papier-crayon*, qui reprend la même suite de couleurs avec des guirlandes de Noël. Trois guirlandes sont à compléter: la première commence par deux boules rouges, la deuxième par une

boule jaune et la troisième par une boule verte. Les élèves réussissent bien cette fiche: ils se trouvent en présence d'une règle connue, symbolisée et inscrite sur la fiche et peuvent donc s'y référer régulièrement. L'observation des élèves indique une nouvelle fois que des procédures originales sont utilisées pour composer les guirlandes. Pour compléter la guirlande, les élèves ont réalisé une démarche terme à terme, et se sont référés à la symbolisation de la règle. Ils ont ainsi tous terminé la fiche...

#### Commentaires didactiques de la séquence

L'activité choisie et développée par les étudiantes s'est avérée plus passionnante que prévu lors de l'*analyse a priori*.

Dans la situation initiale, la *dévolution* du problème passe par un médiateur (ici: l'histoire de Jérémy), qui, selon la définition de Brousseau, est l'acte par lequel l'enseignant confie à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage dans laquelle un savoir mathématique est en jeu. La situation proposée par nos deux

## 3 | LES MATHS DU CYCLE INITIAL AU GYMNASÉ

ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE AU CIN OU COMMENT INTRODUIRE LA NOTION DE RÉGULARITÉ GÉOMÉTRIQUE



stagiaires met les élèves en présence d'une histoire contenant la source du problème et d'un matériel<sup>1</sup> constitué de divers véhicules de plusieurs couleurs dont certains sont des voitures rouges, jaunes et vertes.

La tâche *dévolue* est le rangement des véhicules selon une suite répétitive où l'on peut isoler un module constitué de quatre voitures selon un ordre de couleurs déterminé. Chloé et Florence décident de ne rien dire, ni à propos des actions à conduire pour réussir l'activité, ni sur l'utilisation des véhicules restants.

La suite ordonnée *rouge-rouge-jaune-vert* doit être répétée autant de fois que le matériel à disposition le permet. Une suite répétitive s'apparente aussi du point de vue du domaine de l'espace à une frise obtenue par translation d'un motif<sup>2</sup>. Ce travail sur les suites et sur la reproduction régulière d'une *règle* donne à l'élève la possibilité de planifier différentes démarches afin d'obtenir un résultat qui peut être anticipé, puis validé. C'est aussi l'occasion pour les enseignantes de demander aux élèves

d'expliquer leurs démarches concrètement dans des moments de mise en commun.

L'activité prévue n'est pas nouvelle dans le cadre des activités mathématiques proposées aux enfants. Elle s'inscrit dans une réflexion sur les régularités et éventuellement sur les notions de proximité et de frontières. En observant les régularités, le jeune élève peut établir des liens numériques (chaque suite a quatre voitures, dont deux rouges, une jaune et une verte) et organise l'espace. Les deux voitures rouges précèdent la voiture jaune, qui elle-même précède la voiture verte, à condition que l'on se situe sur une ligne *gauche droite*. Or, volontairement et au contraire des enfilages de perles qui imposent un ordre unique, l'activité proposée peut également s'effectuer selon l'ordre *droite gauche* et, dans ce cas-là, l'ordre est inversé. En effet, avant les deux rouges du modèle, l'élève peut se dire : « Je vais devoir poser un vert, et ensuite un jaune et ensuite deux rouges. »

### A propos des démarches des élèves

Dans le cas de la première démarche (cf. début de cet article), les enseignantes sont intervenues pour relancer l'activité, en soulignant que toutes les voitures devaient être rangées.

Pour les démarches 2, 3 et 4, un problème survient au moment où le nombre de voitures est insuffisant pour fabriquer une série complète. Certains élèves décident alors de les mettre toutes à la suite sans se soucier de la règle, d'autres de ne pas en tenir compte. Ils justifient la non-prise en considération du reste en disant qu'il est impossible de les ranger et de respecter la série; certains véhicules ne prendront donc pas place dans la vitrine.

Le nombre choisi de véhicules, ne permettant pas d'appliquer entièrement la règle, provoque des discussions stimulantes entre les élèves: ils verbalisent les contraintes de la situation, vérifient leur rangement, valident leur solution et la justifient.

Dans la démarche 5, les élèves posent les voitures dans l'ordre inverse en procédant de manière similaire à d'autres activités mathématiques vécues peu avant en classe.

Dans la mise en commun, une phase de formulation des démarches demandée à chaque groupe permet aux enseignantes une forme d'institutionnalisation, puisqu'elles demandent aux élèves de trouver un moyen pour ranger les voitures et de se rappeler la règle des couleurs. Ce faisant, les stagiaires opérationnalisent le passage de l'action à la représentation iconique (dessiner les voitures), puis symbolique (les représenter par des ronds de couleur), passage dont on connaît l'importance pour l'enseignement au cycle initial.

Lors du dernier moment de ce même jour, en donnant à tour de rôle une règle à un camarade, les élèves ont tissé des liens entre production et compréhension d'une représentation écrite.

Une semaine plus tard, la deuxième phase de l'activité didactique introduit de nouvelles contraintes et met en jeu plusieurs variables didactiques. Si la suite travaillée reste quant à elle invariable, la *situation problème* proposée prend en compte à la fois des aspects liés à la logique des ensembles, au domaine numérique et à l'organisation de l'espace. En effet, les élèves, pour réussir, doivent placer dans un premier temps les quatre voitures rouges en respectant l'ordre des couleurs RRJV de la série. La mise à disposition d'une bande de papier de huit cases met en jeu l'organisation de l'espace et la nécessité de laisser deux cases vides après avoir posé les deux éléments rouges.

R	R			R	R		
---	---	--	--	---	---	--	--

L'exigence cognitive de la tâche est importante, les relances s'avèrent difficiles. Le rappel de la règle ostensiblement symbolisée au tableau, bien qu'important pour la validation des résolutions obtenues par les élèves, n'amène pas de nouvelles procédures.

Dans une perspective didactique, la difficulté de gérer l'activité et de la conduire à son terme souligne l'importance de l'analyse *a priori* de la tâche et avec elle, la prise en compte du poids et du jeu des variables entre elles. Dès lors saisir la nature des erreurs des élèves devient primordial

dans la gestion de la tâche et dans le réajustement des objectifs prévus. Dans les commentaires didactiques des nouveaux moyens d'enseignement de mathématiques<sup>3</sup>, on peut lire: « Il faut rappeler que les concepts ne s'enseignent pas et que, dans le domaine de la découverte de l'espace en particulier, il serait vain de chercher à les hiérarchiser. De plus, il n'est pas possible de savoir où en est chaque enfant, individuellement, dans la formation de ces concepts ».

A noter encore que durant les semaines entourant les séquences d'enseignement, les élèves ont pu s'entraîner à construire des suites régulières avec un jeu *les perles* où le matériel est constitué de cartes modèles de difficultés graduelles, d'un support et des perles à enfiler pour reproduire et/ou poursuivre des suites régulières.

Accumuler des expériences, devoir prendre en compte différentes variables conjointement, se confronter à une règle écrite sont autant de situations que les enfants de la classe de Chloé et Florence ont pu vivre. Or, au cycle initial, l'expérience par l'élève est le fondement de la construction et de la structuration de l'espace. Notre option est donc de soutenir que les élèves vivent et accumulent des expériences géométriques variées, en fonction du contexte et cela tout au long du cycle. La proposition de plan d'études en mathématiques au cycle initial la reprend avec le concept d'éducation mathématique et scientifique<sup>4</sup> et retient trois compétences privilégiées à développer<sup>5</sup>.

Selon Cerquetti-Aberkane F. & Berdonneau C.<sup>6</sup>, « faire des mathématiques, c'est avant tout dans un premier temps donner à l'enfant l'occasion d'agir, et ultérieurement l'amener à réfléchir sur ses actions ». Pour illustrer ce propos, Chloé et Florence, après une phase d'action (manipulation des voitures), passent à une phase de verbalisation en proposant à chaque groupe de réfléchir sur les mots qu'il pourrait utiliser pour expliquer aux autres comment il fait pour ranger les voitures.

#### En guise de conclusion

Nous avons rencontré Chloé et Florence à trois reprises. La première fois avant le démarrage de

la séquence, où nous leur avons proposé diverses activités d'enseignement relevant du domaine mathématique de l'espace et transmis des documents leur permettant de choisir et de préparer une *situation problème*. Après la mise en œuvre pratique de la première situation, elles nous ont raconté ce qui s'était passé en classe, et nous avons déterminé ensemble quelques pistes pour la suite de la séquence. Un troisième entretien nous a permis de préciser certains éléments de la situation, de revenir sur les apprentissages et de discuter avec nos deux interlocutrices du projet d'article. Entre les différents moments d'enseignement et de rencontres, les deux stagiaires nous ont envoyé par écrit la préparation de leur séquence, le récit de ce qui s'est réellement passé en classe, des idées de variables et de variantes pour différencier l'enseignement et quelques pistes d'analyse. Toutes ces informations nous ont été précieuses pour commenter la séquence d'enseignement et nous tenons à remercier Florence et Chloé pour leur investissement.

Cette expérience de formation et de collaboration souligne l'importance d'une approche didactique plurielle dans la compréhension des gestes professionnels. En effet, les connaissances des phénomènes didactiques, entre autres la théorie des situations et le concept de contrat didactique développés par Brousseau<sup>7</sup>, nous permettent d'analyser les séquences d'enseignement et de proposer des pistes aux étudiantes de manière formatrice. Le cadre de référence et d'analyse déterminé par les professeures et l'engagement des étudiantes dans le travail de planification et de mise en œuvre rendent l'articulation entre théorie et pratique particulièrement formatrice.

**Elisabeth Stierli**

professeure formatrice, HEP Vaud

**Chantal Tièche Christinat**

professeure formatrice, HEP Vaud,

Institut de pédagogie spécialisée (IPS)

en collaboration avec **Florence Milani,**

**Chloé Jonzier**

étudiantes HEP



<sup>1</sup> Matériel: des véhicules rouges, verts et jaunes + quelques avions et locomotives de mêmes couleurs.

<sup>2</sup> Boule, F. (2001). *Questions sur la géométrie et son enseignement*. Paris: Nathan Pédagogie. « Une frise est un pavage à une dimension. Elle est donc caractérisée par un motif et une translation. » (p.127)

<sup>3</sup> Gagnebin G. & al. (1998). *Apprentissage et enseignement des mathématiques: commentaires didactiques sur les moyens d'enseignement pour les degré 1 à 4 de l'école primaire*. COROME, p. 145.

<sup>4</sup> Aeschbacher, F., Carrard, C., Stierli, E., Tièche, C. (2006). *Proposition de plan d'études mathématiques au cycle initial*. Neuchâtel: IRDP et mandat DGE0.

<sup>5</sup> La première réfère à la compétence à se représenter et à résoudre des situations problèmes en construisant et en mobilisant des notions, des démarches et des connaissances proto-scientifiques – de l'ordre du balbutiement scientifique – et scientifiques.

La seconde compétence concerne le développement de la pensée logico-mathématique en établissant des relations entre différentes actions et connaissances et en permettant l'élaboration d'un raisonnement mathématique inductif, déductif et créatif.

La troisième concentre son attention sur la communication et sur l'acquisition d'un langage mathématique afin de familiariser l'élève à communiquer dans un langage approprié ses procédures de résolution et ses résultats.

<sup>6</sup> Cerquetti-Aberkane, F. & Berdonneau, C. (1994). *Enseigner les mathématiques à la maternelle*. Paris: Hachette éducation.

<sup>7</sup> Brousseau, G. (1996). « Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques », in *Didactique des mathématiques*. Lausanne: Delachaux et Niestlé.

## POURQUOI LES MATHS À L'ÉCOLE ? POUR SIMPLIFIER LA VIE ?

Dans son ouvrage *Pourquoi des mathématiques à l'école*<sup>1</sup>, Roland Charnay affirme sans ambiguës : « Quand les mathématiques enseignées à l'école permettent de simplifier ainsi la vie de l'élève, plutôt que de la lui compliquer, elles se rapprochent des vraies mathématiques. »

Voilà qui tranche curieusement avec une conception commune des mathématiques « qui compliquent la vie ». Voilà qui remet en question bien des cours de maths donnés ou entendus. Et pourtant cette idée de *complication* de la vie de l'élève pourrait expliquer beaucoup de frustrations ou de déceptions. En voici quelques exemples.

1 Nous sommes en troisième. La maîtresse a expliqué et travaillé la soustraction en colonnes par emprunts et donne à faire à domicile une fiche comportant vingt soustractions du type :

$$\begin{array}{r} 1000 \\ - 374 \\ \hline \end{array} \quad \text{ou encore} \quad \begin{array}{r} 1000000 \\ - 539201 \\ \hline \end{array}$$

Bien entendu, le but est louable et les élèves vont abondamment travailler les difficultés des retenues en présence de 0. Toutefois la technique imposée ici est beaucoup moins efficace que ce que certains appellent la « technique de la sommelière ». Comme lorsque celle-ci rend la monnaie sur un café à 3 fr 20 on peut faire ici, oralement ou par écrit :

374: 6 pour aller à 380  
20 pour aller à 400  
600 pour aller à 1000  
Donc il faut 626 pour aller de 374 à 1000.

Si on examine l'effet de ce genre d'exercice, il est assez évident que les élèves vont considé-

rer l'algorithme de la soustraction comme une complication et non comme une aide à résoudre des problèmes ou des calculs de façon plus simple qu'avec les moyens de calcul réfléchi dont ils disposaient auparavant. Ceci sans parler des blocages au sujet du zéro<sup>2</sup> !

2 Nous sommes en huitième. L'enseignant a commencé à travailler le calcul littéral ainsi que la résolution d'équations du premier degré. Assez rapidement, afin de présenter l'utilisation de ce nouvel outil, il propose un problème classique :

*Un marchand fait trois foires.  
A la première, il double son argent, puis dépense 30 pistoles.  
A la deuxième, il triple son argent, puis dépense 54 pistoles.  
A la troisième, il quadruple son argent puis dépense 72 pistoles.  
Il lui reste alors 48 pistoles.  
Combien de pistoles avait-il au départ ?*

L'enseignant, après avoir laissé ses élèves réfléchir, construit avec eux la résolution algébrique classique :

Quantité de pistoles possédée au départ :  $x$   
Quantité restante après la première foire :  $2x - 30$   
Quantité restante après la deuxième foire :  $((2x - 30) \cdot 3) - 54$   
Quantité restante après la troisième foire :  $((((2x - 30) \cdot 3) - 54) \cdot 4) - 72$   
On sait par ailleurs qu'il lui reste 48 pistoles.  
On a donc l'équation à résoudre :  $((((2x - 30) \cdot 3) - 54) \cdot 4) - 72 = 48$

L'enseignant se lance ensuite dans la résolution de l'équation au tableau. Il indique également les simplifications possibles à chaque étape. Il arrive finalement au résultat.

Une main se lève alors...

Elève — Mais m'sieur, moi j'ai trouvé 29 sans faire tous ces trucs !

Prof — Oui bien sûr, on peut essayer au bol et tâtonner, mais ça peut être long si...

Elève — Non, j'ai simplement fait à l'envers ! A la fin il lui reste 48. Juste avant il a dépensé 72, donc il avait  $48 + 72$ , donc 120. Avant il a quadruplé, donc il avait 30. Et ainsi de suite et j'arrive à 29.

Un murmure parcourt la classe. Presque tous les élèves n'ont pas suivi les explications de leur camarade, mais plusieurs voix s'élèvent pour confirmer : c'est bien plus simple !

L'enseignant choisit de demander à l'élève d'expliquer à nouveau sa méthode à la classe et conclut : « C'est une bonne idée et ici c'est assez simple. Je vous demande toutefois d'utiliser l'algèbre pour résoudre les problèmes que je vais vous donner, car au test... »

Ici encore, le nouvel outil est pour les élèves un moyen imposé qui « complique la vie ». Certes, une bonne partie d'entre eux acceptera cette contrainte et se pliera à ce type de résolution. Toutefois cet outil restera fondamentalement étranger pour la plupart des élèves et sera rapidement oublié.

On pourrait multiplier les exemples de problèmes à résoudre par voie algébrique qui se résolvent plus simplement, pour des élèves, sans utiliser d'algèbre. On pourrait à ce sujet examiner les tests proposés aux élèves de huitième. Pour ma part, j'ai fait l'exercice à partir d'un manuel d'algèbre<sup>3</sup>. Sur les quarante-huit premiers problèmes des « Rudiments de l'algèbre », trente-cinq peuvent se résoudre par des méthodes souvent plus simples que le calcul algébrique ; plus simples pour l'élève tout au moins, sachant l'investissement à consentir pour passer au niveau d'abstraction supérieur que constitue l'algèbre.



Faut-il dès lors s'étonner que pour bon nombre d'élèves, y compris dans la voie conduisant aux études longues, l'algèbre ne devienne jamais un langage utilisable ? Faut-il s'étonner que les profs de gymnases se plaignent d'une incompétence grave de leurs élèves à effectuer des opérations élémentaires de calcul littéral<sup>4</sup> ?

Ces deux exemples sont peut-être un peu caricaturaux. Ils sont pourtant à la fois authentiques et récurrents. Il ne s'agit pas ici d'affirmer que toutes les notions mathématiques peuvent être présentées sous le jour d'outils qui simplifient la vie. Il reste parfois nécessaire d'apprendre une technique dont la véritable utilité ne sera visible que plus tard. Ce serait par exemple le cas du calcul fractionnaire qui, dans notre culture décimale, n'apporte guère de simplification, mais qu'il faut maîtriser dans le domaine numérique avant de l'utiliser dans le champ littéral. Cependant il est souhaitable de n'utiliser l'argument *ce sera utile plus tard* qu'en dernière extrémité et d'expliquer le plus possible quand et comment la connaissance en question prendra toute sa signification.

Nombreuses sont les injonctions qui incitent les enseignants à présenter les notions et outils mathématiques dans l'optique préconisée par Charnay. Elles semblent venir tant de la recherche en didactique des mathématiques<sup>5</sup> que de la formation initiale et continue des enseignants. Mais elles sont aussi très présentes dans les plans d'études et dans les méthodologies accompagnant les moyens d'enseignement. Quelques citations :

« A l'école, l'élève apprend les mathématiques lorsque le maître le met en situation de développer ses multiples facultés pour vivre toutes les phases d'une activité de recherche et engendrer ainsi les attitudes qu'exige une démarche scientifique. »<sup>6</sup>

« L'action finalisée est source et critère du savoir [...]. Les techniques, notions ou outils particuliers se construisent au cours des périodes de recherche, où leur utilisation se révèle fonctionnellement nécessaire. »<sup>7</sup>

« On se propose maintenant de poser des questions avant que d'avoir enseigné la manière

### 3 | LES MATHS DU CYCLE INITIAL AU GYMNASSE

POURQUOI LES MATHS À L'ÉCOLE ? POUR SIMPLIFIER LA VIE ?

*d'y répondre [...] d'attendre le moment où [les connaissances] se révèlent nécessaires, où elles deviennent fonctionnelles, où elles prennent du sens.»<sup>8</sup>*

Pourtant force est de constater que ces injonctions convergentes ne sont de loin pas toujours suivies par les enseignantes et les enseignants dans leurs pratiques quotidiennes et que les notions sont souvent introduites hors des périodes de recherche où leur utilisation se révèle fonctionnellement nécessaire. Ce bref article ne peut évidemment pas explorer les raisons de cette difficulté d'implantation. Notons toutefois qu'on entend souvent, de la part des enseignants, le reproche que « cette manière d'enseigner est trop compliquée » ou encore que « ce jargon de pédagogue est trop compliqué ». On se trouve ainsi devant le paradoxe d'un type d'enseignement qui veut que les mathématiques apparaissent à l'élève comme un outil de « simplification de la vie de l'élève », mais qui se présente aux enseignants comme un facteur de complication de leur enseignement. Ce paradoxe interpelle didacticiens, formateurs et auteurs de moyens d'enseignement. Sa prise en compte est nécessaire à une véritable implantation des réformes en cours dans l'enseignement des mathématiques.

L'implantation de ces réformes est d'autant plus difficile que, pour beaucoup d'enseignants, de parents, mais aussi d'élèves, l'application mécanique de techniques mathématiques standardisées est la manière la plus efficace de simplifier l'usage des mathématiques. Cette opinion est souvent fondée sur l'observation des résultats à court terme et les chercheurs eux-mêmes sont loin d'être unanimes. Face à l'injonction d'étudiantes et d'étudiants : « mais dites-nous, quelle est, selon la recherche, la méthode d'enseignement des mathématiques la plus efficace », je suis obligé, en tant que formateur, de rappeler la relativité des critères d'efficacité dans les recherches. J'insiste également sur la nécessité pour un enseignant de posséder dans sa besace une grande variété d'outils afin de pouvoir choisir le plus approprié pour enseigner telle

notion à telle classe, celui qui aura la meilleure efficacité pour une situation donnée. Ce ne sera pas forcément l'approche pédagogique ou didactique la plus simple, ce ne sera pas forcément celle qui permettra aux élèves d'obtenir à court terme les meilleurs résultats dans une épreuve commune, mais ce devrait être celle qui permettra le mieux aux élèves d'acquérir des connaissances mobilisables dans la suite de leur « vie mathématique », celle qui leur permettra de faire des mathématiques, d'apprendre les mathématiques.

C'est peut-être le rôle de la didactique des mathématiques, comme le souligne Brousseau : « Une des fonctions de la didactique pourrait être alors [...] de contribuer à mettre un frein, enfin, à un processus qui consiste à transformer le savoir en algorithmes utilisables par des robots ou des humains sous-employés et à diminuer la part de réflexion noble dans toutes les activités humaines pour en faire dévolution à quelques-uns. Pour sacrifier au dieu de la soi-disant efficacité, l'enseignement prête son concours aujourd'hui à la réduction algorithmique et à la démathématisation. J'espère profondément que la didactique pourra combattre cette dépossession et cette déshumanisation. »<sup>9</sup>

Ainsi le souci de l'introduction de connaissances mathématiques en lien immédiat avec leur utilisation dans la résolution de problèmes permet de faire se rencontrer deux préoccupations souvent considérées comme antagonistes : celle d'enseigner les mathématiques sans se borner à la répétition de fiches ou d'exercices techniques et celle de faire acquérir aux élèves une véritable culture mathématique, pour « l'honneur de l'esprit humain »<sup>10</sup>. Rapprocher ces deux préoccupations, c'est aussi, pour paraphraser Charnay, rapprocher les mathématiques scolaires des vraies mathématiques !

**Stéphane Clivaz**  
professeur formateur à la HEP  
et enseignant au secondaire I

<sup>1</sup> Charnay, R. (1996). *Pourquoi des mathématiques à l'école ?* Paris : ESF éd., p. 75.

<sup>2</sup> Voir par exemple Guedj, D. (2005). *Zéro ou les cinq vies d'Aémer : Roman*. Paris : R. Laffont.

<sup>3</sup> L'excellent ouvrage *L'algèbre mode d'emploi* de Gérard Charrière était utilisé en VSB jusqu'à l'arrivée des nouveaux moyens romands Mathématiques 7-8-9. Les problèmes algébriques simples sont placés dans un chapitre 22 intitulé « Les rudiments de l'algèbre ».

<sup>4</sup> Voir dans ce numéro l'article « Transition secondaire I - secondaire II en maths : un dialogue ».

<sup>5</sup> Voir par exemple le concept de situation adidactique, de contrat didactique, de milieu, etc. dans la théorie des situations de Guy Brousseau. Une définition simple de ces concepts peut se trouver entre autres à l'adresse : [http://perso.orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire\\_Brousseau.pdf](http://perso.orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf)

<sup>6</sup> PEV 2006, CYP.

<sup>7</sup> Fondements 2 et 4 des *Conceptions d'ensemble de la collection Mathématiques 1P-4P*, cités dans Bréchet, M., Calame, J.-A., & Chastellain, M. (2003). « Structure et organisation. » In *Mathématiques 7-8-9* (pp. 27-28). Lausanne : CIIP-LEP.

<sup>8</sup> Gagnebin, A., Guignard, N., & Jaquet, F. (1998). *Apprentissage et enseignement des mathématiques, commentaires didactiques sur les moyens d'enseignement pour les degrés 1 à 4 de l'école primaire*. Lausanne : Corome.

<sup>9</sup> Brousseau, G. (1989). « Utilité et intérêt de la didactique pour un professeur de collège. » *Petit X*, 21, p.68.

<sup>10</sup> Dieudonné, J. A. (1987). *Pour l'honneur de l'esprit humain : Les mathématiques aujourd'hui*. Paris : Hachette.



UN GRAND MERCI AUX TROIS ÉLÈVES DU GYMNASSE DE NYON QUI ONT BIEN VOULU ÉCRIRE UN PETIT MOT SUR LEUR VÉCU AVEC LES MATHS!

## LES MATHS ET MOI



Virginie sans déclic...  
 $f''(x)$  négative  $\Rightarrow f(x) \cap$



Virginie avec déclic...  
 $f''(x)$  positive  $\Rightarrow f(x) \cup$

Les maths et moi, ce n'est pas toujours une grande histoire d'amour, ça avance plutôt par déclics. En 7e, je ne comprenais décidément pas pourquoi un  $x^2$  et un  $x$  ne pouvaient pas s'additionner jusqu'à ce que le prof m'explique le même exercice avec des pommes et des poires et que ce soit l'illumination. Ensuite vint la mise en évidence (même avec les pommes et les poires, on peut mettre la tige en évidence), puis des calculs plus compliqués, les équations paramétriques et compagnie. Les paramètres, c'était encore un autre problème. Déjà que les  $x$  faisaient peur, on se retrouvait maintenant avec des  $a$ , des  $b$  ou même des  $m$ . Seulement, au bout de quelques lignes de calculs on tombait parfois sur une fraction énorme où tout s'annulait et où il ne restait finalement qu'un chiffre (qui correspondait avec un peu de chance à celui écrit à la fin du livre dans les solutions aux exercices) et ça, c'était génial. Mais puisqu'en maths quand il n'y en a plus, il y en a (toujours) encore, on rajoutait à tout cela un peu de trigo, des  $\pi$  et j'en passe. Au fil du temps on se rend compte que tout ce que l'on a appris se rejoint, que toutes ces choses abstraites forment

bien quelque chose si on a une vue d'ensemble. Là, je pensais avoir une petite idée de ce que sont les maths... jusqu'à ce qu'arrive l'algèbre linéaire, sorte d'OVNI dans le paysage, où l'on passe 15 min à démontrer que  $1 \cdot u = u$ . Ça faisait longtemps que je ne m'étais pas retrouvée face à un sujet qui ne ressemble à rien, où tout ce qui paraît logique ne l'est plus. Après une bonne dose de stress avant le test, le fameux déclic est enfin arrivé et cette algèbre qui me paraissait insurmontable n'est peut-être pas devenue évidente, mais en tout cas compréhensible. Je n'ai rien de particulier contre les maths: à partir de ce moment-là, c'est bien, mais jusqu'au déclic, c'est dur et il faut parfois s'accrocher et passer une heure à ne rien réussir pour finalement comprendre. C'est parfois décourageant, mais franchement, quand le prof donne le résultat de la racine de 243 en comptant sur les doigts pendant que les 16 autres élèves mettent plus de temps à tapoter le calcul sur leur machine à calculer, il faut dire que ça donne quand même envie d'aimer les maths.

Virginie Uhlmann

# 3 | LES MATHS DU CYCLE INITIAL AU GYMNASSE

LES MATHS ET MOI

Les mathématiques et moi, ça fait 10. En fait, je suis si lamentable que j'ajouterais encore une fois 10. C'est-à-dire 1000...

Beaucoup de gens de mon entourage pensent que mes lacunes en maths vont me nuire un jour.

Au contraire! Chaque personne a besoin, pour son bien-être ou pour sa sérénité de trouver un peu de temps pour méditer. Mais dans notre société, faite de stress, peu de gens ont encore cette chance. Eh bien moi, oui! Grâce aux mathématiques! Trois fois par semaine, durant mes cours de maths, j'ai le temps de penser à toutes sortes de choses; à ma vie, à mon avenir, à mes envies mais aussi au fonctionnement du métabolisme de la fourmi rouge ou noire (car il est très différent) ou sur la fin de l'humanité. Enfin, toutes les questions existentielles. Et cela pendant que mes camarades de classe se cassent la tête pour multiplier ou additionner des lettres... Non mais, c'est n'importe quoi! Comment peut-on éprouver un intérêt pour des choses aussi subjectives, irréelles et surtout inutiles!

Et lorsque l'on a l'audace de poser aux professeurs la fameuse question qu'ils détestent tous: «ça nous servira à quoi?», ceux-ci nous répondent, sans rire, que cela nous aidera si l'on veut construire un pont.

Et bien, moi, assise au fond de la classe, je ricane, car mon avenir est, grâce à ces irremplaçables cours de maths, déjà bien défini: avec ces lettres que vous, vous multipliez, moi je ferai des poèmes et durant mon temps libre, j'étudierai les fourmis rouges!

Lucile Franz

25 janvier 2004. Je suis face à la feuille d'inscription au gymnase de Nyon. On me demande de choisir, de noircir des petites cases. Je m'arrête devant l'une d'elle, elle me donne l'occasion de me pousser à travailler dur. Je veux voir ce que c'est, essayer. Alors, en pensant à surpasser ma nature fainéante et, sans penser aux autres matières qui allaient me donner du fil à retordre, j'ai coché la case fatidique. Il était tard le soir, et naïvement, je l'admets, je venais de m'inscrire en *maths renforcées*.

Pour certains, cette décision équivaldrait à un suicide scolaire mais dans mon cas, cela ressemblait plutôt à un défi. N'oublions pas que cette époque était marquée par *Dame Innocence*; je n'avais que 15 ans et pour moi un radian était un rongeur.

Le temps aidant, je me suis laissée fasciner par un univers de rigueur et de rationalité. Avec un soin relatif (car l'on ne peut se défaire du péché de Paresse si aisément), j'ai assimilé les règles qui régissent le monde de l'Abstrait. Au fil des cours, je me suis aventurée d'un pas parfois chancelant de plus en plus loin dans la logique, la rationalité et même quelquefois, dans l'irrationalité. Souvent, des éclairs de compréhension brefs et vifs me foudroient et, dans ces instants, je touche au plaisir si particulier de l'apprentissage: le nirvana de la *Bonne Réponse*.

Trois ans après « la coche fatidique », la distance qui me sépare de l'arrivée tend vers 0. Mon périple mathématique touche bientôt à sa fin et mon année scolaire aussi. Les questions subsistent mais je sais qu'il me reste encore beaucoup à apprendre, à démontrer et à calculer. Malgré tout, une question m'obsède plus que les autres: à quoi ressemble un radian en cage?

Lilly Khamsy

3e année maturité, Gymnase de Nyon



LE TEXTE QUI SUIT ABORDE LA QUESTION DE LA TRANSITION ENTRE LE SECONDAIRE I ET LE SECONDAIRE II. *PRISMES* A DÉJÀ TRAITÉ CETTE THÉMATIQUE DANS SON PREMIER NUMÉRO. NOUS AVIONS ALORS MIS EN ÉVIDENCE TROIS PÔLES ESSENTIELS TYPIQUES DES SITUATIONS DE TRANSITION EN MILIEUX SCOLAIRES: LES ASPECTS RELATIONNELS, LE CADRE SOCIAL ET LES QUESTIONS LIÉES À LA DIDACTIQUE. C'EST CLAIREMENT DANS LE CHAMP DE CE TROISIÈME POINT QUE LES DEUX AUTEURS DE CET ARTICLE S'INTERROGENT SUR LA TRANSITION EN MATHÉMATIQUES. STÉPHANE CLIVAZ ET MICHEL DERUAZ SONT ENSEIGNANTS ET FORMATEURS À LA HEP VAUD. LE PREMIER FORME À L'ENSEIGNEMENT DES MATHS AU SECONDAIRE I ET ENSEIGNE AU COLLÈGE DE L'ELYSÉE. LE SECOND DONNE DES COURS DE DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES AU SECONDAIRE II ET ENSEIGNE AU GYMNASSE DE NYON. ILS PARTAGENT LE MÊME BUREAU À LA HEP ET CETTE PROXIMITÉ EST L'OCCASION DE NOMBREUX DIALOGUES AU SUJET DE LA TRANSITION EN MATHÉMATIQUES. LE TEXTE QUI SUIT EST UNE RECONSTITUTION, INÉVITABLEMENT RÉDUCTRICE, D'UNE DE CES CONVERSATIONS. CET ARTICLE, PAR SA FORME VIVANTE, EST UN MOMENT DE RÉFLEXION SUR CETTE QUESTION, QUI, NOUS L'ESPÉRONS, SERA SUIVI PAR D'AUTRES APPROFONDISSEMENTS.

## TRANSITION SECONDAIRE I – SECONDAIRE II EN MATHS: UN DIALOGUE

*Michel Deruaz* – Le niveau baisse, cette affirmation est vieille comme le monde ou presque. On peut probablement la faire coïncider avec les débuts de l'enseignement puisqu'on la retrouve déjà chez Platon. Je suis donc bien conscient que si je veux discourir dans cette direction, il me faudra un peu argumenter pour que l'on m'écoute. Depuis quelques années, certains gymnases font passer aux élèves qui arrivent en première année un test<sup>1</sup> pour évaluer leur niveau. A la lecture des résultats de ce test, les impressions que j'ai en classe sont vérifiées; un certain nombre d'élèves arrive sans peine à répondre aux questions posées. Je regrette même, pour une partie d'entre eux, qu'ils se trouvent en niveau standard, ils progresseraient certainement mieux en niveau renforcé, plus stimulant pour ceux qui ont de la facilité. Malheureusement d'autres, trop nombreux pour que l'on n'en parle pas et pour lesquels je m'inquiète beaucoup, ont de grandes difficultés lorsqu'ils doivent résoudre des exercices qui font intervenir un petit peu de calcul algébrique. Les exigences minimales ont-elles baissé sur ces points précis au secondaire I ?

*Stéphane Clivaz* – Sans remonter à Platon, je

sais que, lors de ma première séance de coordination entre collège et gymnase il y a presque quinze ans, ce type de constatations était déjà à l'ordre du jour... De plus, en ce qui concerne le plan d'études du secondaire I, les exigences n'ont pas baissé. Certes la section scientifique a disparu, ce n'est d'ailleurs pas une décision du secondaire I, mais pour le cours de base les compétences à acquérir en fin de neuvième sont sensiblement les mêmes qu'en 1991. Ainsi, si tu le veux bien, parlons plutôt d'un niveau qui serait insuffisant plutôt que d'un niveau qui baisse. Prenons quelques exemples afin de voir si mes impressions de fin de neuvième correspondent à tes observations de début du secondaire II. Cela nous permettra peut-être de mieux comprendre certains écarts et de travailler à les combler...

*Michel Deruaz* – Pour commencer, ce n'est malheureusement pas parce que le niveau baissait déjà il y a une quinzaine d'années qu'il ne peut plus baisser aujourd'hui! Si les exigences n'ont pas baissé au secondaire I, comment expliques-tu les résultats qui suivent. Lors du test que nous avons fait passer dans des classes de première année de l'école de Maturité, nous arrivons à un taux de réussite moyen inférieur à

50% pour les équations qui suivent :

$$4x + 5 = x - 1$$

$$x(3x - 6) = 0$$

$$x^2 + 4x + 4 = 0$$

$$x^2 - 2x = 3 \begin{cases} -x + y = 3 \\ 3x - y = -5 \end{cases}$$

Je pense que tu conviendras volontiers avec moi qu'il est difficile d'atteindre les objectifs du programme avec des élèves qui ont de telles difficultés qui existent depuis longtemps, c'est vrai. Ce qui est inquiétant, c'est leur fréquence qui me semble de plus en plus élevée!

*Stéphane Clivaz* – Bigre! Je pense que tout prof de 9VSB obtenant de tels résultats serait complètement catastrophé! De telles équations sont des éléments de base de la 8-9VSB. Je cite le PEV<sup>2</sup>: *Résoudre une équation du premier degré (8VSG-VSB, 9VSO), du deuxième degré (9VSG-VSB)*.

De même, je pourrais citer beaucoup d'exercices permettant de travailler ces compétences dans les nouveaux moyens d'enseignement romands *Mathématiques 7-8-9*<sup>3</sup>. Alors, comment expliquer de tels résultats qui, effectivement interrogent le secondaire I? Il me semble d'abord qu'il est aujourd'hui plus facile d'obtenir son

### 3 | LES MATHS DU CYCLE INITIAL AU GYMNASÉ

TRANSITION SECONDAIRE I – SECONDAIRE II EN MATHS: UN DIALOGUE



certificat en ayant presque complètement laissé tomber une discipline. Une partie des élèves qui reçoivent leur certificat ont déjà, à ce moment-là, des résultats insuffisants en maths. Contrairement à ce qui se passait au début d'EVM, on peut obtenir automatiquement son certificat, même avec un 1,75 de maths! On a peut-être voulu ainsi diminuer le nombre de redoublements, mais sans instituer des mesures d'aide immédiates et massives pour les élèves en difficulté dans une discipline. Ces constatations n'expliquent probablement pas tout.

Il y a visiblement une déperdition entre la fin de la 9e et le début du gymnase. *L'effet vacances* peut certainement être invoqué, mais si ces notions semblent acquises en fin de 9e, et qu'elles ne sont plus spontanément mobilisables trois mois plus tard, cela met en cause la solidité de leur acquisition en fin de 9e! Il y a donc un gros travail à revoir pour véritablement atteindre les objectifs du PEV! Au vu des quelques observations que j'ai pu faire, je ne pense pas que le calcul algébrique ne soit pas assez entraîné. Par contre il n'est probablement pas assez utilisé et les élèves manquent de recul sur cet outil en arrivant au gymnase.

*Michel Deruaz* – Je peux bien entendre ce dernier argument pour le calcul algébrique, mais les résultats sont analogues en observant d'autres chapitres qui sont eux travaillés depuis la 7e. Par exemple, pour le calcul avec des fractions, lors du même test nous avons observé un taux de réussite moyen d'à peine 50% aux questions ci-dessous pourtant élémentaires:

$$\frac{3}{5} + \left(\frac{4}{3} - \frac{1}{2}\right) = \frac{25}{9} \cdot \frac{27}{35} \cdot \frac{18}{4} = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot \left(\frac{3}{5}\right)^2 =$$

*Stéphane Clivaz* – Là, je suis presque moins surpris. Les fractions sont un sujet délicat à faire passer, ou plus précisément une notion difficile à implanter durablement chez les élèves. Dans notre culture européenne continentale, le calcul fractionnaire est peu utilisé au quotidien. La représentation décimale est suffisante pour presque tous les usages. Ainsi, lorsqu'en 7e les fractions sont véritablement étudiées, et que surtout on effectue des opérations, on observe des obstacles chez les élèves. Mais on remarque surtout de grandes difficultés dans les moyens d'enseignement et pour leurs utilisateurs à trouver des situations dans lesquelles ces opérations avec les fractions puissent être vraiment utilisées et entraînées. De fait, la plupart du temps, on se borne à des séries d'exercices de drill et à quelques petits problèmes dans lesquels l'utilisation des fractions n'a pas toujours beaucoup de sens. De cette manière, les élèves sont certes capables d'effectuer en fin de chapitre les calculs que tu mentionnes. Néanmoins, il est indispensable d'effectuer un bref rappel à chaque réapparition du calcul fractionnaire. Je dirais même que, pour ce qui concerne le secondaire I, on pourrait presque se passer des fractions!

*Michel Deruaz* – Je m'en rends bien compte. Je soupçonne même que dans certaines circonstances, par souci d'efficacité à court terme, on se contente, pour ce type de chapitre, tant au secondaire I qu'au secondaire II, de moins que le minimum. De plus, l'introduction de la calculatrice a rendu le calcul à l'aide des décimaux plus convivial. Les fractions ont ainsi perdu leur attractivité pour le calcul numérique. C'est peut-être aussi le moment de signaler que, si les lacunes avec le calcul des fractions datent déjà de quelques années, nous observons aujourd'hui des difficultés à manipuler les nombres négatifs, surtout lorsqu'il faut les substituer à une lettre. L'ordre des opérations n'est alors pas maîtrisé et peut-être que les anciens modèles de calculatrices ne sont pas totalement étrangers à ces difficultés. Je pense, mais je reconnais que cela ne doit pas toujours être facile, qu'il est de la responsabilité du secondaire I de travailler dans une perspective à long terme. De ce point de

vue, et pour en revenir aux fractions, on imagine facilement quelles peuvent être les difficultés d'un élève qui ne maîtrise pas les fractions numériques lorsqu'il doit passer aux fractions littérales. Il me semble, par exemple, et sans vouloir donner de leçons, que l'on peut maintenir éveillé le calcul avec les fractions, en en introduisant dans les exercices qui concernent d'autres chapitres comme, par exemple, le calcul algébrique dont nous venons de parler. Après une première phase d'introduction des concepts et des formules qui leur sont associés, il me paraît tout à fait envisageable de glisser quelques coefficients fractionnaires dans les énoncés.

*Stéphane Clivaz* – Je suis de ton avis sur le fait de reprendre plusieurs fois un même sujet, même si c'est parfois quelque peu artificiel, que ce soit pour l'entraîner, comme pour le calcul fractionnaire, ou pour le développer, comme dans le cas des formules de calcul littéral. C'est d'ailleurs ce qui est demandé par le plan d'études et ce qui est permis par les moyens d'enseignement *Mathématiques 7-8-9*. Ces ouvrages suivent l'élève durant trois ans et permettent de revenir plusieurs fois sur un même problème avec des outils de plus en plus performants, des outils qui permettent de résoudre ce problème de plus en plus simplement. C'est également le cas en géométrie où l'on passe de la construction de figures à la description de leurs propriétés et à la construction de raisonnements et de démonstrations, en particulier dans une série de problèmes intitulée «de l'observation à la déduction».

*Michel Deruaz* – Ce sujet est délicat. Il faut faire attention à ne pas réduire la démonstration à l'énumération d'une suite d'arguments observés sur une figure ou ailleurs. Pour démontrer, il faut être capable d'isoler des hypothèses et une conclusion et de reconstruire le cheminement déductif qui permet de passer de ces hypothèses à cette conclusion. Il s'agit là de l'essence même des mathématiques. Il ne suffit pas de renverser la boîte du puzzle sur la table et d'aligner les pièces sur celle-ci pour être considéré comme un expert en puzzle! Des cheminements de ce type peuvent alors être utilisés par les élèves dans d'autres contextes. C'est

possible bien évidemment dans le cours de mathématiques, par exemple pour mettre en place des stratégies efficaces et systématiques pour résoudre des problèmes, mais aussi et surtout hors du contexte mathématique pour tenir un discours argumentatif cohérent, que ce soit à l'école ou à l'extérieur de celle-ci.

*Stéphane Clivaz* – Il y a là un évident changement dans l'enseignement de la géométrie hypothético-déductive. Ceci se marque en particulier dans le renouvellement des manuels de géométrie. La construction axiomatique tentée à l'époque de l'usage du livre de Delessert<sup>4</sup> n'est plus faite aujourd'hui. Nous avons constaté que les élèves avaient de grosses difficultés à observer les propriétés d'une figure avant de construire une véritable démonstration, ou, pour utiliser ta comparaison, à recueillir les pièces du puzzle avant de le reconstituer. C'est la raison pour laquelle nous mettons beaucoup d'attention à construire ce passage de l'observation à la déduction, en particulier en faisant découvrir des propriétés non évidentes et pouvant donner l'occasion d'un débat, d'une argumentation. Celle-ci doit devenir de plus en plus élaborée. Ceci se fait soit sur des démonstrations assez simples (triangles isométriques, triangles semblables, théorèmes métriques), soit sur des preuves plus complexes (double démonstration de lieux géométriques en option spécifique maths-physique). Je tiens d'ailleurs à signaler que des activités de ce type sont également présentes au secondaire I dans le domaine numérique ou algébrique !

*Michel Deruaz* – Personnellement, je regrette cette mutation. J'entends volontiers que les méthodes axiomatiques du Delessert n'étaient accessibles qu'à un trop petit nombre d'élèves mais je suis convaincu que, sur le fond, la démarche était la bonne pour des élèves à partir de 13-14 ans, en l'allégeant bien évidemment. D'autre part, il ne faut pas oublier qu'en mathématiques, le problème ou le contexte n'est souvent que le prétexte pour travailler la démarche. C'était le cas avec la géométrie axiomatique dont beaucoup n'ont pas voulu admettre l'importance pour la formation de l'esprit scientifique en raillant certains théorèmes inutiles ou

évidents que l'on s'évertuait à démontrer. C'est aussi le cas avec l'étude des équations paramétriques qui, bien que leur utilité directe soit discutable, ont un rôle formateur essentiel au niveau de la démarche scientifique qu'elles permettent de travailler.

*Stéphane Clivaz* – Le choix a effectivement été fait de travailler le raisonnement déductif de plusieurs manières : activités de recherche, débats entre élèves, constructions de démonstrations... Ceci doit se faire dans plusieurs domaines et avec tous les élèves, au mieux des possibilités de chaque groupe. Cela dit nous devons donner aux élèves les plus avancés la possibilité d'aller encore plus loin dans le développement de leur capacité de raisonnement. Cela est fait d'une part, comme je le mentionnais, en option spécifique sur les lieux géométriques ou sur les équations paramétriques. Cela devrait être fait d'autre part en différenciant les activités proposées et en poussant certains élèves à aller plus loin dans la rigueur de l'argumentation. A ce propos les moyens 7-8-9e comprennent plusieurs activités très stimulantes.

Cependant cette gestion différenciée de l'enseignement, en particulier pour les élèves les plus demandeurs, est d'une utilisation complexe !

De fait, j'ai beaucoup répondu à tes remarques en invoquant les contenus du plan d'études et des moyens d'enseignement, alors qu'en fait, ce qui importe c'est ce qui se passe effectivement dans les classes ! Le problème, c'est que nous avons fort peu d'informations à ce sujet. Le suivi scientifique de l'introduction des nouveaux moyens<sup>5</sup> s'est arrêté pour l'heure en 4e. Il me semble donc indispensable que des recherches soient conduites pour savoir comment les mathématiques sont enseignées dans les degrés suivants.

*Michel Deruaz* – Je ne peux que partager ton avis sur ce dernier point, au secondaire I comme au secondaire II. Je pense que les résultats d'une telle recherche nous permettraient, à nous, formateurs, de mieux préparer nos étudiants à ce qui les attend sur le terrain. Il faut toutefois être attentif à une chose : si l'on veut que cette démarche soit comprise et acceptée par les enseignants, donc utile et utilisable, il ne faut en aucun cas

qu'elle puisse être confondue avec un quelconque processus de contrôle, peut-être lui aussi nécessaire mais fondamentalement différent tant dans son approche que dans ses objectifs.

*Stéphane Clivaz* – Pour conclure, il semblerait donc que nous soyons d'accords sur les objectifs à atteindre, sur l'état insatisfaisant de la situation et sur les causes structurelles.

*Michel Deruaz* – Nous commençons par contre à diverger sur celles qui sont propres à l'enseignement des mathématiques, et donc sur les remèdes. Ce n'est qu'en connaissant mieux les pratiques en classes, ainsi qu'en encourageant le dialogue entre les divers acteurs, qu'on pourra améliorer la situation actuelle. Par exemple, le gymnase de Nyon, comme d'autres, organise régulièrement des rencontres décentralisées entre maîtres de maths de la région. De telles rencontres pourraient déboucher sur la constitution de véritables groupes de travail...

**Stéphane Clivaz**

*Professeur formateur à la HEP et enseignant au secondaire I*

**Michel Deruaz**

*Professeur formateur à la HEP et enseignant au secondaire II*

<sup>1</sup> Un test d'entrée est effectué dans certains gymnases pour évaluer les compétences techniques des élèves en mathématiques en début de première année. Il a lieu, en principe dans toutes les classes, lors de la première semaine de cours, sans être annoncé. Il est ensuite corrigé et rendu aux élèves. Ce test permet donc aux élèves de prendre conscience de la nécessité éventuelle de combler leurs lacunes, par exemple lors de cours d'appuis facultatifs proposés par certains gymnases. Il permet aussi aux maîtres de reprendre certains chapitres. Ce test ne compte donc pas dans la moyenne de l'élève, il n'est que très partiellement représentatif du programme du secondaire I et du secondaire II. Il ne prétend pas non plus être une mesure scientifique du niveau des élèves, toutefois il révèle certains symptômes dont nous discutons ici et qu'il serait souhaitable d'étudier plus finement.

<sup>2</sup> Plan d'études vaudois. (2006) DFJ/DGEO. disponible sur <http://www.vd.ch/fr/themes/formation/scolarité-obligatoire/plan-detude-vaudois/> partie 7-9, 15.5.

<sup>3</sup> Bréchet, M., Calame, J.-A., & Chastellain, M. (2003). *Mathématiques 7-8-9*. Lausanne : CIIP-LEP

<sup>4</sup> Delessert, A. (1960). *Géométrie plane*. Lausanne : SPES.

<sup>5</sup> Voir l'article de Chantal Tièche Christinat dans ce numéro de *Prismes*.

# ET CHEZ VOUS LES MATHS, ÇA VA COMMENT ?

## APPORTS ET QUESTIONS ISSUS DES TRAVAUX DE RECHERCHE CONCERNANT LES MOYENS ROMANDS D'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES DE PRE- MIÈRE À QUATRIÈME ANNÉE PRIMAIRE

Comme chercheuse en sciences de l'éducation, je suis fréquemment confrontée à cette question posée en titre lors de réunions nationales voire internationales, touchant à l'enseignement. Invariablement les réponses que j'y apporte sont multiples, diverses, et je choisis de porter l'accent sur les élèves, sur le maître ou sur le moyen d'enseignement, affichant tantôt pessimisme, tantôt optimisme. Mon humeur personnelle n'est pour rien dans la valse d'hésitations voire dans les contradictions qui caractérisent mes réponses. En effet, cette disparité apparente prend sa source dans les deux études scientifiques, riches en enseignements, menées par l'Institut de recherche et de documentation pédagogique (IRDp) à Neuchâtel et dont j'aimerais faire partager la diversité. Mais avant de composer cet inventaire, je vais passer rapidement en revue quelques éléments relatifs au contenu et aux fondements de l'enseignement actuel.

### Le contenu de l'enseignement en bref

Dans les cantons romands, la fin du 20<sup>e</sup> siècle a coïncidé avec la création de deux générations de manuels, les premiers destinés aux degrés primaires de la première à la quatrième année et les seconds destinés au secondaire I, de la septième à la neuvième année, ainsi qu'au toilettage des manuels de la cinquième et de la sixième année. En effet, dans les années 1990, les instances politiques, professionnelles et scientifiques, en raison de l'obsolescence des manuels d'enseignement, ont convié chercheurs, mathématiciens, didacticiens et enseignants à œuvrer dans l'interdisciplinarité pour créer un matériel d'enseignement qui prenne en compte les travaux récents publiés dans ce domaine (C. Tièche Christinat, 1999). Les modifications et les nouveautés introduites dans

les moyens d'enseignement des degrés primaires s'effectuent sur trois plans: le contenu mathématique, la théorie de l'apprentissage et la didactique des mathématiques.

Mis à part l'abandon de l'enseignement des mathématiques fondé sur la théorie ensembliste, à la suite du constat d'un processus transpositif trop important et d'un chapitre très controversé portant sur la numération en bases différentes de 10, le contenu mathématique du programme est quant à lui presque inchangé. Les aspects numériques, comme l'étude du nombre et du champ conceptuel, de l'addition et de la multiplication, restent centraux; les aspects liés à la mesure, à l'espace et aux formes géométriques acquièrent un poids plus important qu'auparavant.

Les options pédagogiques s'inscrivent dans la continuité des apprentissages constructivistes précédemment mis en place autour de l'action, de l'erreur et de la différenciation, et s'enrichissent d'une orientation socioconstructiviste d'inspiration vygostkienne<sup>1</sup>, soulignant l'importance de la médiation verbale et de la construction sociale dans tout apprentissage cognitif visant à la maîtrise de concepts scientifiques (Vergnaud, 1999). Leur application en classe nécessite un travail de groupes et donne à la parole et aux interactions langagières entre pairs un aspect primordial.

Les lignes directrices de l'approche de l'enseignement/apprentissage des mathématiques se réfèrent aux travaux récents des didacticiens français (Charnay et Mante, 1996; Vergnaud, 1991) qui accordent à la résolution de problèmes un rôle essentiel et incontournable.

Les principes inscrits dans la méthodologie articulent entre eux:

- les finalités de l'enseignement des mathématiques : acquérir des démarches de pensée ;
- les démarches d'apprentissage : confronter l'élève à des situations problèmes où il rencontre de véritables obstacles à sa mesure ;
- les concepts de développement : la pensée mathématique s'élabore longuement ;
- les techniques de résolution.

L'ensemble de ces propositions recouvre les recommandations officielles des cantons en matière d'enseignement des mathématiques (CDIP ; 1998).

La théorie des situations didactiques (Brousseau, 1996), dont nous retiendrons en particulier les principes de *dévolution et d'institutionnalisation*<sup>2</sup>, constitue le fondement de l'innovation. La dévolution est l'acte par lequel l'enseignant parvient à amener l'élève à prendre la responsabilité du problème et de sa résolution (situation adidactique). Comme le rappelle Kusniak (2005), il exige également de l'enseignant qu'il exclue de ses interventions celles qui ont trait à la solution. Ce principe engendre une série de règles, dont les commentaires méthodologiques qui accompagnent les moyens d'enseignement se font partiellement l'écho. Selon Brousseau, *l'institutionnalisation* qui attribue à certaines connaissances un statut officiel de savoir, est indispensable, car elle assure le passage d'une connaissance liée au contexte à une connaissance détachée du contexte. En d'autres termes, ce deuxième principe permet à l'élève de reconnaître « ce qui doit être considéré comme important et ce qui est secondaire, ce qu'il est décisif de savoir faire et ce qui est accessoire » (Johsua & Dupin, 1993, p.256).

#### Comment ça va ?

En guise de réponse à cette question posée dès 1997, année de l'introduction progressive dans les classes des moyens d'enseignement actuels, deux évaluations romandes portant sur les quatre premiers degrés primaires ont vu le jour et ont livré leurs analyses et leurs conclusions en 2003 et 2005.

1 Un suivi longitudinal a pour fonction d'appréhender les adaptations entreprises par les

enseignants dans leurs classes (Tièche Christinat et Delémont, 2005). Cette étude se décline en deux parties : une observation biannuelle de leçons de mathématiques dans des classes des sept cantons romands et une récolte diversifiée de propos portant sur l'innovation et ses conséquences (entretiens réguliers, questionnaires remis aux enseignants visités et discussions orientées entre collègues d'un même établissement). Les gestes professionnels, les adaptations introduites dans la pratique (activités mathématiques, déroulement des leçons, organisation générale du travail), ainsi que les enseignements collectés sur les attitudes à partir des discours des enseignants, constituent les données analysées par cette étude.

2 Un bilan des compétences en mathématiques des élèves après 4 années d'utilisation des moyens (2P : passation mai 2002 ; 4P : passation mai 2004) est nommé *Mathéval* (Antonietti, 2003 et 2005). Cette enquête comporte deux volets : des épreuves mathématiques établies pour des élèves de 2P et de 4P et un questionnaire destiné aux maîtres des classes testées, afin de mettre en évidence des liens plausibles entre les compétences des élèves et les pratiques décrites par les enseignants.

Les deux recherches prennent en compte les changements didactiques intervenus dans l'enseignement/apprentissage et les interrogent. Il s'ensuit des items mathématiques basés sur la résolution de problèmes, mettant en œuvre des champs étudiés et inscrits au plan d'études ainsi que des compétences transversales.

Toutes les données obtenues sont recueillies sur l'ensemble du territoire romand ; celles du suivi permettent l'analyse de 197 observations en classes de première à quatrième années primaires et d'entretiens uniques ou répétés de 58 enseignants. L'échantillon de *Mathéval* est constitué de 140 classes. Chaque titulaire de classe a rempli un questionnaire relativement similaire à celui remis aux enseignants des classes observées longitudinalement et qui porte sur la mise en œuvre des moyens d'enseignement. En deuxième année primaire, les élèves avaient sept problèmes individuels et quatre

problèmes à résoudre en duos et en quatrième année, les problèmes étaient au nombre de 14 par élève. Au total, 1912 et 2252 épreuves ont été analysées.

#### Quelques résultats

Les compétences obtenues par les élèves sont révélatrices de l'état de leurs connaissances individuelles qui sont dépendantes de l'enseignement dispensé dans la classe. Elles permettent d'évaluer l'intensité de l'influence du moyen d'enseignement utilisé. Mais il s'agit également d'observer d'autres facteurs dont nous avons la trace par les données des questionnaires ou par le suivi longitudinal dans les classes. Parmi ceux-ci nous retenons en particulier les variables étudiées dans *Mathéval* qui semblent déterminer partiellement du moins les résultats, ainsi que les attitudes et les gestes professionnels adoptés par les enseignants.

#### Des résultats intrigants...

Les résultats des élèves de deuxième et de quatrième années présentent une tendance opposée. *Mathéval 2P* permet d'affirmer que les connaissances nécessaires à la résolution des problèmes relevant du domaine numérique sont assimilées. Ainsi, dénombrer une collection, comparer des nombres entiers, reconnaître la valeur positionnelle des chiffres, résoudre des problèmes simples en recourant à des écritures additives et soustractives sont des compétences que les enfants en fin de deuxième année ont acquises majoritairement. Ces résultats démontrent le soin et l'attention portés par les maîtres et maîtresses à ce domaine et aux connaissances arithmétiques. En fin de quatrième année, les élèves obtiennent des résultats faibles dans le domaine numérique et parviennent difficilement à la résolution correcte et aboutie des problèmes posés.

Dans le domaine de l'espace, les résultats obtenus en deuxième année sont nettement moins satisfaisants que ceux du domaine numérique alors qu'en quatrième année, les connaissances nécessaires à la résolution de problèmes relevant du domaine de l'espace sont mobilisables pour

## 3 | LES MATHS DU CYCLE INITIAL AU GYMNASSE

ET CHEZ VOUS LES MATHS, ÇA VA COMMENT ?

beaucoup d'élèves. Faut-il y voir un effet lié au type de problèmes posés dans l'évaluation, ce que laisseraient supposer les auteurs lorsqu'ils soulignent: « Il est possible que les tâches que nous avons proposées soient plus en décalage avec les problèmes des nouveaux moyens que celles que nous avons utilisées pour sonder le domaine numérique. » (Antonietti, 2003, p.69) ? Ou serait-ce un effet lié au moyen lui-même et en particulier à la planification des activités et des modules, ainsi qu'au nombre d'activités prévues? Les questionnaires et les entretiens portent à penser que la planification des enseignements conformément au « fil rouge » conduit à n'aborder les contenus liés à l'espace et à la géométrie qu'au cours du deuxième semestre de la deuxième année. Ainsi, les élèves testés en deuxième année primaire auraient moins travaillé ce type de problèmes, peu familiers pour eux, et se seraient moins investis dans ce domaine.

### ... presque agaçants

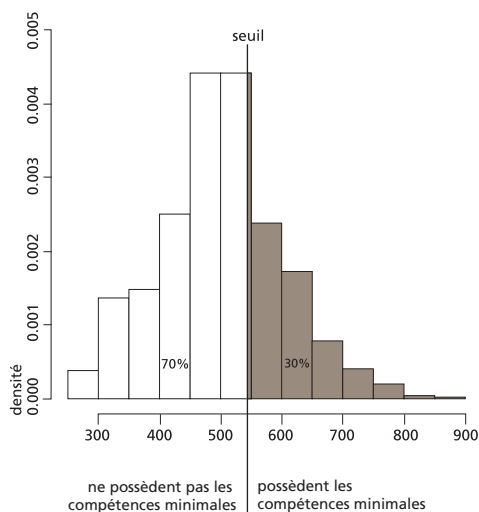
Malgré un module intitulé « des problèmes pour apprendre à conduire un raisonnement », dont les enseignants de tous les degrés disent apprécier les activités, des items qui font appel à des notions élémentaires de logique, ne sont réussis que très moyennement, voire dans certains cas faiblement. Par ailleurs, la progression attendue des résultats entre 2P et 4P se trouve malmenée par les résultats de *Mathéval 4P*. Parmi les six problèmes qui ont été présentés dans les deux épreuves, deux items relevant du domaine de la logique pour le premier et exigeant une partition numérique simple pour le deuxième ne permettent pas de constater un progrès significatif ni dans la réussite, ni dans les procédures de résolution. De plus une situation problème relevant de l'addition connaît une chute du taux de réussite en quatrième année. Effet de contrat didactique ? manque de maturité cognitive ? absence d'activités de ce type dans les classes ? Si les données ne peuvent apporter de réponses définitives à ces questions, les analyses qualitatives indiquent toutefois que les élèves posent des calculs et que leurs solutions sont insuffisamment soutenues par des représentations,

des dessins ou des schémas.

Dans un autre registre, *Mathéval* montre que la différence de réussite entre garçons et filles tend à s'installer. En deuxième année, cette différence n'existait pas, alors que dès la quatrième, les compétences des garçons s'avèrent légèrement supérieures à celles des filles. On sait par ailleurs, grâce aux études de PISA auprès des élèves de 15 ans (CIIP, 2003), que ce clivage s'approfondit au cours de la scolarité. Or, il aurait été souhaitable que des nouveaux moyens, qui plus est appréciés par les maîtres et les élèves, puissent venir à bout de ce clivage désormais classique et préoccupant.

### Des résultats inquiétants...

Afin d'évaluer l'atteinte des objectifs inscrits dans le plan d'études, et à défaut d'une comparaison fiable avec d'anciennes données, *Mathéval* a établi lors de l'épreuve destinée aux élèves de 4P un « seuil de compétence », correspondant au niveau des élèves ayant atteint ce qui est nommé dans le Plan cadre « horizon de développement » (Antonietti, 2005, p. 108), conférant ainsi un caractère normatif à cette étude. Il faut préciser cependant que ce seuil ne correspond pas aux attentes minimales fixées par le Plan d'études cadre romand, qui déterminent ce qui devrait être acquis par chaque élève.



Les résultats montrent que les objectifs minimaux établis par les experts sont atteints par seulement trois élèves sur dix; le taux de réussite fixé au moyen des documents officiels par les juges est ainsi plus bas qu'espéré. La sévérité des juges qui ont procédé à deux estimations successives du taux de réussite attendu pour chaque problème de *Mathéval 4P* n'affecte ni la valeur, ni le sérieux, ni la gravité des résultats obtenus.

Les résultats obtenus par les élèves de 4P étonnent et déconcertent le corps enseignant qui en grande majorité accorde sa confiance à ces moyens et compense dans sa pratique les faiblesses qu'il a pu repérer. L'analyse qualitative atteste de démarches souvent astucieuses entreprises par les élèves, mais qui n'aboutissent pas toujours à une solution adéquate. Beaucoup d'élèves persistent à croire que tout problème se résout par un calcul. Ces résultats indiquent un tiraillement, un conflit entre une démarche originale et une volonté d'appliquer une démarche canonique, valorisée par l'entourage. Toutefois, ces nuances ne gommèrent guère la faiblesse des résultats obtenus, ni l'inquiétude qu'ils nous inspirent.

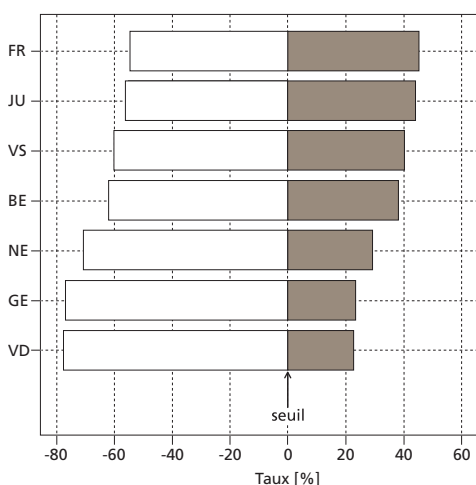
### ... et invariablement récurrents

La prise en compte de variables individuelles et contextuelles éclaire ces résultats. Les élèves non seulement sont différents les uns des autres, mais ne bénéficient pas tous du même environnement scolaire et extrascolaire, malgré l'utilisation d'un moyen d'enseignement commun. L'étude *Mathéval* montre que, paradoxalement, plus l'élève est âgé pour le degré scolaire qu'il accomplit, moins il est performant. La raison est à mettre au compte du redoublement, ce qui montre une fois de plus que cette mesure n'a pas l'effet remède escompté. En effet, les élèves qui étaient en difficulté avant de doubler le sont toujours après.

L'origine des élèves, la langue maternelle et le niveau socio-économique constituent eux aussi des facteurs de différenciation. Ainsi, l'enseignement des mathématiques dès le degré primaire se montre perméable à ces facteurs



qui interviennent très tôt, voire trop tôt dans le cursus de l'élève. De plus, à considérer les résultats des enquêtes internationales adressées aux élèves de 15 ans (par exemple, PISA 2003), l'enseignement ne parvient pas à diminuer leur impact. Au contraire même, un facteur lié au lieu de scolarisation vient se greffer à ceux-ci. En effet, les compétences mathématiques observées dépendent également du canton dans lequel les élèves sont scolarisés. Dans tous les cantons, la proportion d'élèves se situant au-dessous du seuil fixé par les experts est majoritaire. On constate cependant des disparités entre les cantons. Ces différences interrogent et nécessitent des explications que les auteurs de *Mathéval* ont cherchées.



Les facteurs socio-démographiques ne peuvent être invoqués puisque « le modèle statistique construit permet d'identifier l'apport spécifique de chaque canton indépendamment des facteurs socio-économiques ». Par contre, la taille de la classe, l'expérience de l'enseignant et son degré d'intérêt pour les nouveaux moyens influencent également les compétences des élèves de manière significative. De fait l'effet maître et l'effet classe tendent à se confondre. Ainsi la sélection des activités par l'enseignant est fonction non seulement de son expérience et de son goût pour les mathématiques, mais

aussi des processus d'apprentissage qu'il favorise pour sa classe. Chacun, comme le souligne Delémont (2005), enseigne à sa propre manière, ce qui peut se traduire entre autres par des performances inégales dans les classes.

Si les classements cantonaux confortent eux aussi les résultats obtenus dans d'autres évaluations romandes, ils devraient nous contraindre à réfléchir aux remédiations institutionnelles nécessaires pour que l'égalité des chances des élèves soit au moins indépendante de son lieu de domicile et un peu moins dépendante de l'expérience professionnelle des enseignants.

#### Des résultats passionnants...

L'étude longitudinale, en particulier l'analyse de la gestion didactique et des entretiens menés auprès des enseignants, fournit quelques pistes explicatives des compétences obtenues et interpellent formateurs et didacticiens.

Les observations en classe montrent la difficulté de gérer la *dévolution* et la *situation adidactique*. Les épisodes de résolutions de problèmes tous degrés confondus n'illustrent qu'imparfaitement la phase d'action telle que décrite dans la théorie didactique. Les élèves ne travaillent seuls, sans relance du maître, que durant un court moment de l'activité de résolution. Les enseignants soutiennent et appuient la résolution en cours par des relances et des validations, et les élèves attendent, voire demandent cet appui. Ainsi il semble difficile pour l'enseignant de déléguer la responsabilité du problème à l'élève. En phases de tests, tels que *Mathéval* l'a proposé, les élèves ne reçoivent aucune indication de leur enseignant. Le problème leur est entièrement dévolu. Or, les résultats moyennement satisfaisants dans le domaine numérique laissent entrevoir une absence de contrôle de la réponse par l'élève, contrôle qui, dans la classe, semblerait essentiellement pris en charge par le maître.

La complexité à conduire la phase de mise en commun qui permet aux élèves de mettre en mots les processus de pensée est soulignée par les enseignants aussi bien dans les questionnaires de *Mathéval* que lors des entretiens. L'impor-

tance accordée par les moyens d'enseignement à la verbalisation constitue une pierre d'achoppement pour diverses raisons évoquées lors des entretiens et visibles dans les observations. L'accès imparfait au langage oral et écrit de certains élèves pousse les enseignants à mettre en place des pratiques différenciées, parfois proches des anciens moyens, qui évitent le recours à la langue d'enseignement. D'autres enseignants vont consacrer un moment à la reformulation du problème, à sa contextualisation, afin d'assurer l'accès au contenu verbal. Le temps imparti à cette tâche est parfois plus important que prévu et le temps de résolution s'en trouve raccourci.

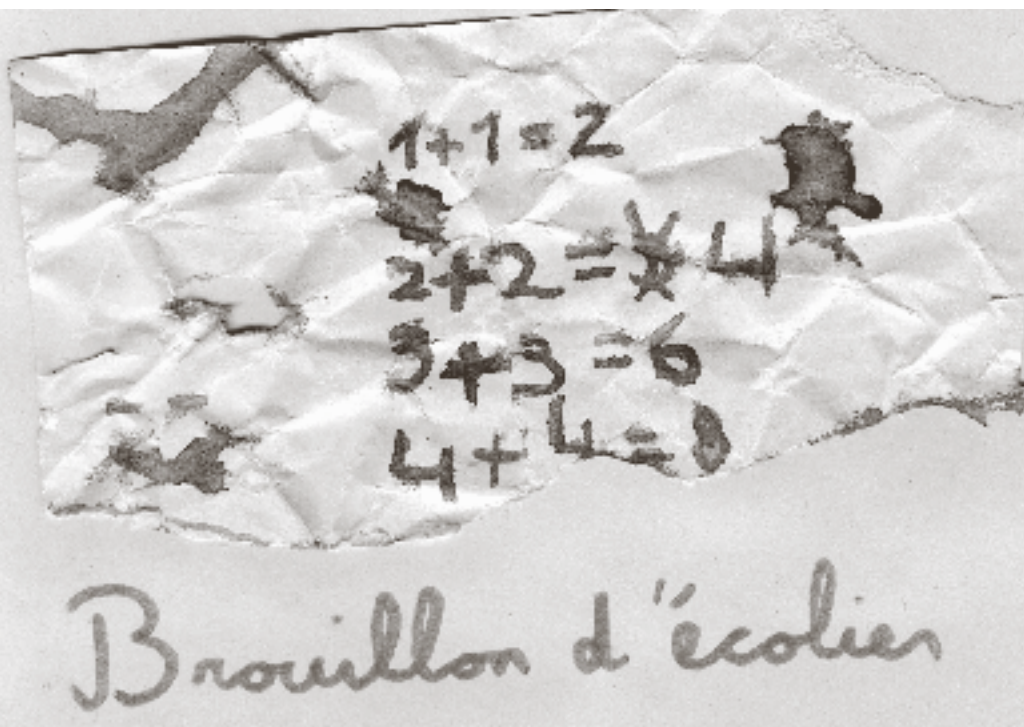
Lorsque d'autres difficultés surgissent, les enseignants semblent de préférence changer les modalités d'apprentissage plutôt que jouer sur les variables didactiques en maintenant le cadre méthodologique. Une plus grande familiarisation avec le cadre épistémologique pourrait progressivement permettre aux enseignants d'entrer dans ce type de démarche. La formation des enseignants devrait leur permettre de comprendre et de favoriser cette approche. Les attitudes dégagées lors des entretiens montrent que les fondements didactiques ne sont pas toujours partagés par les enseignants. Or nous avons déjà souligné ci-dessus que l'expérience du maître joue un rôle important dans les performances des élèves. Il en est de même en ce qui concerne les attitudes et l'adhésion au moyen d'enseignement.

#### ... et très importants

La difficulté de donner une place réelle à la transmission des savoirs se confirme dans la perception par les enseignants d'un changement de conception du métier. Plusieurs maîtres et maîtresses se considèrent transformés en animateurs d'activités et de jeux et non en enseignants. Le suivi longitudinal confirme la gêne ressentie et montre que la *phase d'institutionnalisation*, bien que plus visible en quatrième année primaire qu'en deuxième, semble peu investie en fréquence et en temps par les enseignants. La difficulté de prévoir le temps nécessaire à la résolution, les contraintes dues

## 3 | LES MATHS DU CYCLE INITIAL AU GYMNASSE

ET CHEZ VOUS LES MATHS, ÇA VA COMMENT ?



au découpage horaire ou aux organisations didactiques mises en place, l'amalgame entre phase de formulation et d'institutionnalisation, la réduction de la phase d'institutionnalisation à l'évaluation de la réponse proposée sont autant de facteurs explicatifs qui pourraient découler directement de la nouveauté et de l'absence de routines enseignantes. Les formations suivies et l'accompagnement mis en place n'ont pas toujours été jugés suffisants; nombreux sont les maîtres et maîtresses qui se sont lancés seuls dans cet enseignement.

### En guise de réponse

Chez nous, les mathématiques... ça va... un peu... beaucoup... passionnément... pas du tout... aurais-je envie de conclure peu sérieusement.

Les deux études susmentionnées soulignent les difficultés qu'un tel enseignement engendre et les clivages qu'il produit et reproduit à son insu. Le dilemme de l'enseignant et le paradoxe de la dévolution pointent de façon

presque impertinente. *L'instinct éducatif* selon lequel réussir est important – et qui l'est dans une certaine mesure – entraîne l'enseignant à faire réussir l'élève et, par conséquent, croit-il, à éviter l'erreur ou à éviter que celle-ci ne perdure. Les moyens d'enseignement/apprentissage en vigueur en Suisse romande reposent sur une conception qui rappelle que les nouvelles connaissances et savoirs s'élaborent à partir des erreurs. Dès lors, enseigner paraît constituer un dilemme. Les enseignants des degrés primaires que nous avons interrogés sont confrontés à ce paradoxe, difficile parfois à relever : permettre et encourager la réussite sans pour autant dénigrer l'erreur. Leur art est dans cette puissante alchimie qui consiste à trouver des activités qui, tout en faisant obstacles aux connaissances des élèves, permettent d'en construire de nouvelles sans induire de démotivation.

Dr. Chantal Tièche Christinat  
professeure formatrice à la HEP Vaud

### Bibliographie<sup>3</sup>

- Antonietti, J.-P. (éd.). (2003). *Evaluation des compétences en mathématiques en fin de 2ème année primaire : résultats de la première phase de l'enquête Mathéval*. Neuchâtel : Institut de recherche et de documentation pédagogique (IRDPP) (03.2).
- Antonietti, J.-P. (éd.). (2005). *Evaluation des compétences en mathématiques en fin de 4ème année primaire : résultats de la deuxième phase de l'enquête Mathéval*. Neuchâtel : Institut de recherche et de documentation pédagogique (IRDPP) (05.3).
- Brousseau, G. (1996). *Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques*. In: J. Brun (Ed.): *Didactiques des mathématiques*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Bru, M. (2002). « Pratiques enseignantes: des recherches à conforter et à développer. » *Revue Française de Pédagogie*, 138, 63-73.
- Vergnaud, G. (1999): « On n'a jamais fini de relire Vygotski et Piaget. » In Y. Clot (éd.). *Avec Vygotski* (pp. 55-68). Paris: La Dispute.

<sup>1</sup> Référence à Lev Vygotski, pédagogue et penseur russe. L'œuvre de Vygotski a été disponible en français dans les années 1980. Depuis 1985, date de parution de l'édition française de *Pensée et Langage* et de *Vygotski aujourd'hui*, de nouveaux ouvrages et articles de Vygotski ont été traduits ou sont en cours de traduction.

Il nous propose la notion de *zone proximale de développement*, qui touche à la médiation pédagogique et à l'origine sociale du développement mental. On peut dire que la zone proximale de développement se situe entre le développement actuel qui marque ce qu'un individu maîtrise déjà seul et la prochaine étape de son développement pour peu qu'une interaction sociale (avec un adulte ou des pairs) soit initiée.

<sup>2</sup> Pour les notions de la *dévolution* et de l'*institutionnalisation*, voir dans ce numéro l'article de Jean-Claude Noverraz.

<sup>3</sup> Une bibliographie plus complète se trouve sur le site de *Prismes*.

# COMPARAISON VAUD-FRIBOURG POUR LES HEURES DE MATHS

Dans notre pays, l'instruction publique est, pour des raisons historiques sur lesquelles nous ne reviendrons pas dans cet article, de compétence cantonale. Depuis quelques années, on observe une forte pression sur le monde politique pour redéfinir le fédéralisme, en particulier pour tout ce qui touche à l'école. En Suisse romande avec PECARO ou sur le plan suisse avec HarmoS, les cantons se mettent autour d'une table pour définir des objectifs communs dans les programmes de l'école obligatoire. Pour le post-obligatoire, les titres délivrés sont fédéraux; que se soient pour les CFC et les maturités professionnelles ou les Ecoles de maturité et les Ecoles de culture générale. Cela n'empêche pourtant pas d'importantes disparités dans l'organisation de la scolarité.

Pour ce qui concerne plus particulièrement les mathématiques, les moyens d'enseignement sont communs aux cantons romands pour l'école primaire (1-6). Depuis peu, ils le sont aussi pour l'école secondaire obligatoire (7-9). Malgré cela, des enquêtes récentes comme Mathéval (2005) en 4e année ou PISA (2003) en 8e année montrent des grandes différences entre les résultats des élèves des cantons romands. On observe en particulier que si les élèves fribourgeois obtiennent les meilleurs résultats dans les deux études, les vaudois se trouvent au mieux en avant-dernière position, très loin derrière les fribourgeois.

Au vu de tout cela, il nous a semblé intéressant de comparer la fréquence des périodes de mathématiques dans les grilles horaires des cantons de Fribourg et de Vaud, cela du début de l'école primaire à la fin du gymnase. Le choix de ces deux cantons nous a été dicté par les importants écarts mentionnés ci-dessus mais aussi par leur proximité géographique, ce qui les a d'ailleurs encouragés à construire un gymnase commun à Payerne et qui les incitera peut-être à envisager des collaborations analogues au niveau de l'école obligatoire.

Tableau du nombre de périodes hebdomadaires de mathématiques

Canton de Vaud				Canton de Fribourg		
Ecole primaire et cycle de transition			Année	Ecole primaire		
4.5 + 0.5 <sup>1</sup>			1	5.5		
4.5 + 0.5			2	5.5		
4.5 + 0.5 <sup>2</sup>			3	5.5		
4.5 + 0.5			4	5.5		
5			5	5.5		
5 <sup>3</sup>			6	5.5		
<b>30</b>			<b>Total</b>	<b>33</b>		
Ecole secondaire obligatoire				Cycle d'orientation		
Voie secondaire à option	Voie secondaire générale	Voie secondaire baccalauréat		Classes pré-gymnasiales	Classes générales	Classes à exigences de bases
6 <sup>4</sup>	5	4	7	4	5	6
5	6	4	8	5	5	6
5	5	4	9	5	5	6
<b>16</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>18</b>
			Ecole de maturité		Ecole de maturité	
			Standard	Renforcé	Standard	Renforcé
			4	4	1	4
			3	4	2	5
			4	6	3	4
			3 ans seulement		4	5
			<b>11</b>	<b>14</b>	<b>Total</b>	<b>18</b>
					<b>15</b>	

Ce tableau montre que les élèves fribourgeois suivent beaucoup plus de cours de mathématiques que les vaudois. Il ne met pourtant pas en évidence l'entier de cette différence. En effet, il ne tient pas compte du fait que, pendant l'école obligatoire, les périodes sont de 50 minutes en terre fribourgeoise alors qu'elles ne sont que de 45 minutes dans le canton de Vaud. Le tableau qui suit permet de comparer le nombre d'heures (60 minutes) de mathématiques suivies par les élèves pendant les différentes phases de leur

scolarité. Pour établir ce tableau, nous sommes partis du principe que, dans les deux cantons, les élèves se rendent à l'école pendant 37 semaines par année jusqu'à la fin de la scolarité obligatoire et 35 semaines au gymnase. Ces valeurs sont tirées des lois scolaires pour l'école obligatoire et de la réalité vaudoise pour le gymnase. Si celle-ci devait être différente dans le canton de Fribourg, cela ne ferait probablement qu'accentuer les différences observées!

# 3 | LES MATHS DU CYCLE INITIAL AU GYMNASSE

COMPARAISON VAUD-FRIBOURG POUR LES HEURES DE MATHS

Tableau du nombre total d'heures de mathématiques suivies

Canton de Vaud				Canton de Fribourg		
Ecole primaire et cycle de transition			Année	Ecole primaire		
833			1 – 6	1018		
Ecole secondaire obligatoire				Cycle d'orientation		
Voie secondaire à option	Voie secondaire générale	Voie secondaire baccalauréat		Classes prégymnasiales	Classes générales	Classes à exigences de bases
444	444	333	7 – 9	432	463	555
				Ecole de maturité		
				Standard	Renforcé	
				Standard	Renforcé	
				289	368	
			10 – 13	473	394	

Ce tableau montre, en particulier, qu'un élève fribourgeois a suivi à la fin de son école primaire 185 heures de mathématiques de plus que son voisin vaudois. Ce dernier devrait donc suivre une semaine et demie supplémentaire d'école, consacrée uniquement à l'étude des mathématiques, à la fin de chaque année scolaire pour arriver au même total que l'élève fribourgeois!

Ces observations se vérifient aussi à l'école secondaire, sauf pour la voie générale où l'écart n'est que de 19 heures. Dans les autres voies, le jeune Vaudois suit une centaine d'heures de mathématiques de moins que le Fribourgeois, ce qui fait qu'il devrait là aussi suivre, à la fin de chaque année scolaire, plus d'une semaine supplémentaire d'école consacrée uniquement

aux mathématiques pour combler la différence. A ce stade, nous observons que depuis le début de sa scolarité, un élève fribourgeois avec un profil non scientifique qui entre au Gymnase de Payerne aura suivi 285 heures de mathématiques de plus que son collègue vaudois mais qu'il entrera lui en 1<sup>e</sup> année alors que le vaudois entrera directement en 2<sup>e</sup> année! Le constat est identique pour l'Ecole de maturité où un élève fribourgeois suit aussi une centaine d'heures de mathématiques de plus que son homologue vaudois. Au terme de sa scolarité, cette différence représente près de 400 heures ou 16 semaines de mathématiques à plein temps pour obtenir la même Maturité fédérale! Pour savoir si cette différence est uniquement due au fait que les élèves fribourgeois suivent globalement plus d'heures d'école que les vaudois, il faut aussi comparer la proportion des heures d'école consacrées aux mathématiques.

Proportion des périodes de mathématiques pendant la scolarité

Canton de Vaud				Canton de Fribourg		
Ecole primaire et cycle de transition			Année	Ecole primaire		
17.05%			1 – 6	20.37%		
Ecole secondaire obligatoire				Cycle d'orientation		
Voie secondaire à option	Voie secondaire générale	Voie secondaire baccalauréat		Classes prégymnasiales	Classes générales	Classes à exigences de bases
16.67%	16.67%	12.50%	7 – 9	14.50%	15.54%	18.65%
				Ecole de maturité		
				Standard	Renforcé	
				Standard	Renforcé	
				11.70%	14.43%	
			10 – 13	13.33%	11.36%	

<sup>1</sup> La grille horaire prévoit pendant les deux premières années de scolarité 4.5 périodes de mathématiques et nous sommes partis du principe qu'en moyenne, 1 des 2 périodes d'appui par semaine était consacrée aux mathématiques et qu'elle concernait la moitié des élèves.

<sup>2</sup> La grille horaire prévoit pour les années trois et quatre 4 ou 5 périodes de mathématiques au libre arbitre des établissements. Nous avons donc pris une moyenne et compté l'appui comme ci-dessus.

<sup>3</sup> La grille horaire prévoit des niveaux de mathématiques sauf si l'établissement possède un projet pédagogique qui ne les permette pas. Dans la pratique, les niveaux sont quasi inexistant!

<sup>4</sup> Y compris 1 période de dessin géométrique. Les établissements ont la possibilité de supprimer 1 période de mathématiques au profit de l'option...

Ce tableau nous montre que, pour l'Ecole de maturité, la différence s'explique par une grille vaudoise beaucoup plus légère, ne serait-ce que par l'absence d'une quatrième année. On ne peut pas faire la même constatation pour l'école obligatoire puisque le poids relatif des

mathématiques y est lui aussi plus important dans le canton de Fribourg.

**Michel Deruaz**

professeur formateur à la HEP Vaud et enseignant au Gymnase de Nyon

DANS CETTE QUATRIÈME PARTIE, COURTE IL EST VRAI, NOUS ABORDONS LA RELATION À L'ENVIRONNEMENT. RESPECTER LA NATURE POUR ÉVITER DE SE TROUVER SOUS UNE MONTAGNE DE DÉCHETS, C'EST LE DÉFI QUE DOIVENT RELEVER DE NOMBREUSES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES. A CET ÉGARD, L'ÉDUCATION AU DÉVELOPPEMENT DURABLE PREND UN RELIEF TOUT PARTICULIER. CE SUJET AURAIT DÛ ÊTRE TRAITÉ DANS CE NUMÉRO, MAIS POUR DES RAISONS DE PLACE, LE LECTEUR TROUVERA UN APPORT SUR CETTE QUESTION DANS *PRISMES 7* PRÉVU POUR L'AUTOMNE 2007.

## CE N'EST PAS AUX ENFANTS D'ÉDUCER LEURS PARENTS



Au cours des trois dernières décennies, les « ruclons<sup>1</sup> » ont progressivement disparu au profit de déchetteries. Cette évolution ne s'est pas faite sans peine. Elle reste insuffisante pour faire face à l'augmentation très rapide des déchets et de leur impact à long terme sur l'environnement naturel et humain. Depuis 1995, le Réseau-écoles de sensibilisation à la gestion des déchets s'est peu à peu étendu du nord Vaudois à presque toute la Romandie. Il intervient sur mandat de ses partenaires dans les écoles. La revue *Prismes* s'est mise à l'écoute de ce réseau et a assisté à une séance d'animation dans une classe d'Ecublens.

*Anne Monnet<sup>2</sup>, tu es responsable pédagogique du Réseau-écoles<sup>3</sup> depuis 2002. Peux-tu nous rappeler l'origine de ce Réseau ?*

Constitué sous la forme d'un Réseau romand en 1998, le Réseau-écoles est à l'origine une action de communication entreprise par la Société pour le Tri, le Recyclage et l'Incinération des Déchets (STRID), l'un des huit périmètres vaudois de gestion des déchets. C'est en 1995, que la STRID décide de lancer une campagne éducative auprès des écoles primaires de son périmètre. L'accueil des enseignants et le résultat de l'opération se révèlent très positifs. Il est alors décidé que cette action soit reconduite, avec le soutien du Service des Eaux, Sols et Assainissement du canton de Vaud (SESA), et

qu'elle soit également proposée aux autres périmètres de gestion des déchets du canton. Dès 1998, d'autres partenaires romands se sont intéressés à nos prestations et c'est ainsi que s'est constitué un Réseau intercantonal qui n'a cessé de s'étendre depuis. Nos activités de sensibilisation s'inscrivent aujourd'hui dans une démarche pédagogique et la STRID est un partenaire du Réseau parmi d'autres.

*Comment le message du Réseau-écoles a-t-il évolué au cours de ses 10 ans d'existence ?*

Jusqu'à présent, l'accent principal était porté sur l'importance du tri des déchets en vue de leur valorisation par le recyclage : résoudre un problème par une solution technique. Une approche qui pourrait se résumer en une phrase : « Si tu tries, tu as tout compris. » Nos réflexions s'orientent maintenant vers une approche plus progressive qui conduit d'abord l'enfant à prendre conscience qu'il est lui-même générateur de déchets et que par conséquent, ceux-ci « ne tombent pas du ciel ». Les questions que nous cherchons à soulever avec les enfants sont du type : « pourquoi est-ce que je produis autant de déchets ? comment puis-je réduire et mieux gérer mes déchets ? » plutôt que la diffusion d'un simple « catéchisme » des bonnes règles du tri.

Nous leur démontrons, par exemple, que l'incinération ne résout pas tous les problèmes. Dans un petit pays comme la Suisse, elle contri-

## 4 | APPROCHE DE L'ENVIRONNEMENT

CE N'EST PAS AUX ENFANTS D'ÉDUIQUER LEURS PARENTS



bue à diminuer le volume de nos déchets mais elle ne fait, pour le moment, que déplacer le problème ailleurs. Notre poubelle déposée sur le trottoir la veille aura disparu le matin comme par enchantement. Il s'agit alors pour nous de sortir des lieux communs, de retracer le chemin de la poubelle jusqu'à l'usine d'incinération, de valoriser ce travail *dans l'ombre* et d'observer ce qui résulte de l'incinération : des cendres et des mâchefers qui devront être enfouis dans nos sous-sols, comme dans la décharge pour déchets stabilisés d'Oulens.

Dans le cadre de projets d'établissements, nous avons proposé aux élèves de poser leurs déchets de la récréation sur une table. Ensemble, ils les ont analysés, ont pris conscience des déchets qu'ils produisent en si peu de temps. Nous avons comparé cette situation à d'autres moments de la journée et à d'autres périodes de l'histoire. Sans nier les progrès de notre civilisation, sans penser qu'il soit obligatoirement nécessaire de vivre *comme au temps des hommes de Cro-magnon*, nous avons réfléchi ensemble aux possibi-

lités de diminuer et de mieux gérer nos déchets avant d'envisager leur tri et leur recyclage.

Les atteintes à l'environnement doivent être connues. Mais le Réseau évite les grandes théories, ainsi que toute culpabilisation. Il souhaite partir principalement du concret, du connu de l'enfant. Celui-ci doit pouvoir réfléchir à son environnement proche et expérimenter des solutions de son environnement proche avant d'aller vers d'autres considérations.

*Quels sont les aspects les plus importants pour éveiller la fibre sensible, l'âme de chercheur puis d'acteur de l'enfant en faveur d'un développement durable ?*

Nous ne voulons en aucun cas « enfoncer un clou » ou convaincre, dans le sens d'aller contre les personnes malgré elles, et par tous les moyens. Nous avons opté pour une approche réflexive sur nos modes de faire, de vie et de consommation en pariant sur l'avenir. Nos animations visent le partage d'une information qui puisse permettre plus tard à chacun de faire des choix et d'agir en connaissance de cause. Notre travail reste cependant basé sur la sensibilisation. Dans le cadre d'un projet d'établissement, nous avons plus de temps pour construire un raisonnement ou une démarche *scientifique*. Notre souhait à moyen terme est de pouvoir mettre rapidement en place suffisamment de ressources pour que l'enseignant puisse anticiper ou poursuivre la démarche en classe. Actuellement, nous collaborons dans ce sens avec le secteur environnement du Département de l'instruction publique genevois sur la construction de séquences d'apprentissage-évaluation en sciences permettant d'identifier des entrées, des expérimentations à mettre à la portée des enfants du cycle initial.

*Peux-tu nous citer un exemple ?*

En observant la dégradation d'objets déposés dans un environnement proche de l'école, l'enfant distinguera les déchets produits par la nature de ceux issus de matériaux que nous avons transformés. En adoptant une méthode scientifique d'observation consistant à peser, mesurer,

observer, il fera un travail de classification et de catégorisation. Il regardera ensuite de quelle façon la nature s'y prend pour recycler ses propres déchets en observant le fonctionnement d'un compost. Des analogies pourront être faites avec la forêt. Constatant que certains objets ne se dégradent que très lentement, il comprendra d'autant mieux la raison pour laquelle l'homme doit mettre en place une industrie pour *imiter* la nature afin d'éviter d'être englouti sous les déchets et pour réduire les impacts néfastes sur l'environnement. Il expérimentera lui-même le recyclage du papier, une activité facilement réalisable en classe. Il comprendra rapidement que pour pouvoir recycler du papier, il faut qu'il soit épuré de tous les autres matériaux, d'où l'intérêt du tri des déchets qui commence à émerger et faire sens pour l'enfant. Voici ce que peut être en très raccourci l'exemple d'une approche *pas à pas* que nous expérimentons en ce moment auprès des tout petits, les ressources pédagogiques à leur intention faisant cruellement défaut.

*Anne Monnet, quelle est ta fonction dans le Réseau ?*

J'ai d'abord été animatrice durant six mois dans les classes genevoises. Cette expérience de terrain m'a permis de sentir certaines demandes et attentes des enseignants. J'occupe maintenant le poste de responsable pédagogique. Ma tâche consiste à former et encadrer l'équipe d'animateurs et à développer avec leur collaboration de nouveaux dispositifs de sensibilisation. Je continue à intervenir en classe afin de garder un pied sur le terrain et pour pouvoir tester dans les écoles les programmes que nous élaborons. Le *feed-back* des enseignants est pour nous primordial. J'interviens également dans la formation initiale et continue des enseignants auprès des HEP et dès ce printemps auprès du service de la formation continue des enseignants genevois dans le cadre de notre collaboration avec le Département de l'instruction publique.

*Quelles directives pourrais-tu donner pour l'élaboration de programmes de gestion des déchets ?*

Il s'agit pour nous de concevoir des programmes avec des compétences d'experts, mais en intégrant les préoccupations des enseignants. Nous devons savoir rester à l'écoute de leurs besoins, ainsi qu'être en adéquation avec les programmes d'études, les objectifs d'apprentissage et les approches pédagogiques en vigueur.

La gestion des déchets est un domaine qui évolue très rapidement. Nos ordures deviennent de *l'or dur*, des matières bientôt précieuses: chaque semaine un nouveau procédé de recyclage est inventé; la législation évolue elle aussi rapidement. Pensez, il y a peu de temps encore, les ordures non récupérées étaient mises en décharge, aujourd'hui, on les incinère avec des normes strictes réglementant l'épuration des fumées, le stockage des scories et des cendres. Cette situation nécessite une adaptation et une mise à jour constantes.

*Anne, j'ai assisté à une séance de sensibilisation dans une classe de deuxième cycle primaire. Est-ce que vous travaillez avec les élèves de tous âges ?*

Jusqu'à maintenant nous intervenons principalement auprès des enfants de 4 à 12 ans, avec des animations spécifiques et progressives pour chaque degré. Nous avons du matériel pour le secondaire 1, que nous testons en ce moment, et qui est en cours d'adaptation. Si nos actions de sensibilisation ont un impact général sur la société, tant mieux. Mais la sensibilisation des adultes ne doit pas être négligée. On ne peut pas donner pour mission à l'école de résoudre tous les problèmes que la société ne sait pas gérer, et faire reposer des responsabilités sur les épaules des enfants, notamment celle d'éduquer leurs parents.

Les trois R: *Réduire, Réutiliser, Revaloriser*, doivent passer dans la pratique quotidienne des consommateurs adultes et enfants.

### **Le pari du développement durable ou de la décroissance ?**

**Olivia Henchoz, animatrice du Réseau-écoles, m'accueille dans une classe d'élèves de 9 à 10 ans au collège Neptune à Ecublens, tenue par Anouk Meylan. Cette dernière ne s'arrêtera pas à cette première séance de sensibilisation. Elle entend mener un travail à long terme avec ses élèves, leur donner quelques habitudes de vie et quelques repères pour leur permettre d'apporter plus tard leur contribution à un développement durable.**

Olivia Henchoz rassemble les élèves de la classe en un cercle autour d'elle. Pour faciliter une communication personnalisée, elle leur demande d'écrire leur nom sur un petit papier et de le fixer sur leur chandail au moyen d'une pince à linge.

Tout commence à partir du vécu des enfants, de leurs observations, de leur vocabulaire: « Où mettez-vous vos déchets ? que vont-ils devenir ?... » Les élèves s'enflamment comme les déchets: « Ils vont cramer ! » Au cours de séquences interactives, les enfants découvrent progressivement qu'il ne suffit pas de brûler les ordures pour lutter contre la pollution. On peut aussi les recycler avant d'envoyer le tout à la station d'incinération. Il est possible de se familiariser avec les déchets et de les trier en fonction des recyclages possibles. D'autres déchets ne doivent pas aller au centre d'incinération, par exemple, les piles pour éviter qu'elles n'y libèrent des métaux lourds polluant l'air et produisant des cendres toxiques. Les enfants découvrent qu'il faut les emmurer dans du béton pour les « neutraliser » et éviter des effets négatifs sur l'environnement.

Peu à peu, le tri et les voies conduisant au recyclage, à la destruction par le feu, ou à des traitements plus complexes deviennent un jeu pour les enfants. La révélation la plus marquante pour eux est la découverte que le feu ne détruit pas tout: il faut encore trouver une solution pour les déchets de nos déchets, soit des espaces de stockage, tel celui

d'Oulens. Tous les participants se passionnent pour l'identification des déchets qui ne devraient pas être mis dans la poubelle noire. Avec une aisance et un intérêt remarquables, les groupes d'élèves s'engagent dans l'analyse du cycle de différents matériaux.

Les outils pédagogiques préparés par le Réseau-écoles parlent aux élèves et sont bien ciblés pour leur âge: les déchets proviennent des produits qu'ils consomment régulièrement. Les cycles portent sur des matières telles que le verre, les végétaux, le papier, le fer, l'aluminium, les tissus et le cuir et les plastiques (PET). Plusieurs élèves tâtent leur vêtement, lorsqu'ils apprennent que le PET recyclé permet de produire du tissu « polaire ».

Les consignes sont très claires et parfaitement adaptées aux capacités des enfants. Les connaissances nouvelles sont communiquées avec une grande aisance. Il n'est jamais question d'insister ou d'inculquer une vérité, mais bien de suivre une démarche, permettant aux élèves de découvrir la réalité: recycler coûte deux fois moins cher qu'incinérer; les stocks de nos déchets exigent des emplacements de plus en plus difficiles à trouver; recycler permettra d'éviter que les matières premières ne s'épuisent un jour.

Spontanément, les élèves font des propositions pour produire moins de déchets et pour économiser des matières premières: aller en trottinette ou à pied à l'école, aller dans des stations de ski où ne roulent que des taxis électriques, prendre le train pour aller loin au lieu de prendre chacun sa voiture... Est-ce un premier pas vers une société de décroissance pour échapper au totalitarisme de l'économie<sup>4</sup>?

Marguerite Schlechten Rauber

(les notes se trouvent à la page suivante)

<sup>1</sup> Place à ciel ouvert où l'on se débarrassait des déchets sans se préoccuper des effets sur l'environnement.

<sup>2</sup> Anne Monnet a une formation en sciences sociales et s'est spécialisée en histoire agricole. Elle estime que l'agronomie a des points communs avec la pédagogie des déchets. De nos jours, l'agriculteur ne fait pas autre chose que de travailler avec la nature: il cherche à refermer les cycles naturels. Une gestion moderne de nos déchets fonctionne sur le même principe: réintégrer la matière dans son cycle. D'ailleurs, l'agriculture a été et reste encore une branche permettant la valorisation d'un grand nombre de nos déchets. Le milieu et la culture agricoles donnent beaucoup de sens à la réutilisation et à la récupération. Après avoir effectué un travail de vulgarisation sur des problématiques agricoles auprès d'adolescents, Anne Monnet s'est intéressée attentivement au contenu de nos poubelles. Elle a repris en parallèle des études en sciences de l'éducation.

<sup>3</sup> Les enseignants souhaitant intégrer des activités du Réseau et recourir aux outils pédagogiques élaborés peuvent consulter son site [www.reseau-ecoles.ch](http://www.reseau-ecoles.ch)

<sup>4</sup> Pour approfondir la réflexion sur un défi posé aux habitants de notre planète pour le vingt et unième siècle, on peut lire le dernier livre de Serge Latouche (2006). *Le pari de la décroissance*. Paris, Fayard.

# ENSEIGNER LES SCIENCES POUR RESPECTER L'ENVIRONNEMENT



Tout d'abord, il convient d'avouer que la question posée m'a fortement surpris tant la réponse est pour moi évidente: bien sûr qu'il faut enseigner les disciplines scientifiques à l'école!

Passé ce premier moment d'étonnement, j'ai cherché dans l'actualité vaudoise ce qui pouvait justifier une telle question et ai peut-être une tentative d'explication...

Il devient en effet de plus en plus fréquent d'entendre, venus des travées de certains partis politiques, des conseils que leurs auteurs croient sans doute avisés: «A l'école, il faut que nos enfants apprennent à lire, à écrire correctement, à compter juste...»

Si heureusement cette perception primaire du rôle de l'école n'est pas encore celle d'une majorité des politiciens de ce canton, il est important de montrer et d'expliquer l'absolue nécessité d'ouvrir l'esprit des élèves à travers d'autres approches, par le biais de matières qui paraissent peut-être inutiles ou futiles à certains. Les bran-

ches scientifiques font bien évidemment partie de celles-ci, et je me réjouis que votre revue y consacre un numéro: ce sera sans aucun doute une base de réflexion intéressante, et je l'espère utile pour certains...

Enfin, et en dehors de ces considérations, s'il fallait donner une seule raison de maintenir l'enseignement de la science par exemple, il suffit de se pencher sur l'évolution inquiétante de notre environnement. Apprendre par exemple à connaître la Terre (et à la respecter) me paraît être essentiel si l'on veut tenter d'inverser la tendance que l'on connaît actuellement. C'est également sans doute un moyen de créer les vocations de celles et de ceux qui, demain, développeront peut-être les énergies du futur, qui inventeront des moyens de transports propres, ou encore qui trouveront un vaccin contre une nouvelle épidémie dévastatrice.

**Jean-Michel Favez**  
*président du groupe socialiste  
au Grand Conseil*



EVELYNE DAHM ET GÜN GEDIK VIENNENT DE BELGIQUE. ILS AMBITIONNENT D'OBTENIR LE TITRE DE RÉGENTE ET DE RÉGENT EN SCIENCES ÉCONOMIQUES ET EN SCIENCES ÉCONOMIQUES APPLIQUÉES. GÜN AIMERAIT PAR AILLEURS OBTENIR AUSSI UNE LICENCE EN SCIENCES DE L'ÉDUCATION. ILS SONT RATTACHÉS À LA HAUTE ÉCOLE ISELL À LIÈGE. C'EST DANS LE CADRE D'UN ÉCHANGE ERASMUS QU'ILS SONT VENUS À LAUSANNE.

## DEUX ÉTUDIANTS ERASMUS EN ÉCONOMIE À LA HEP VAUD

*Comment êtes-vous arrivés à la HEP Vaud?*

*Eve et Gün* Nous avons vu l'offre Erasmus sur des affiches à l'école, nous avons participé à une réunion d'information et reçu des prospectus, puis nous nous sommes entretenus avec Martine Chevalier, en charge des stages Erasmus dans notre école.

Vu que les possibilités étaient épuisées pour un stage en France voisine, notre interlocutrice nous a proposé la Suisse et nous nous sommes rabattus sur cette offre. Une collaboration semble d'ailleurs se mettre en place entre la Haute école Isell de Liège et la HEP Vaud.

Dans notre classe de sept étudiants en économie, le stage n'est pas intégré au cursus habituel, autant dire que nous sommes des cobayes, la voie était donc à ouvrir, voire à forcer quelque peu...

*Alors pourquoi avoir choisi un stage Erasmus?*

*Eve* Pour approfondir le français, je demande donc l'indulgence du lecteur pour mon expression! Je voulais aussi voir un autre système de formation, m'ouvrir à une autre culture, cela me paraît important dans ce métier.

*Gün* Et s'adapter à un monde inconnu!

*Justement, quelle image aviez-vous de la Suisse avant de venir?*

*Gün* Les montagnes, un pays indépendant. Sur la carte, un îlot dans l'Europe.

*Eve* Un pays riche, sans l'Euro!

*Et la découverte sur place?*

*Gün* La Suisse, un pays comparable sur bien

des points à la Belgique, en termes de population, de système fédéral, de variétés et aussi de tensions linguistiques. Mais la Belgique est plus urbanisée et industrielle que la Suisse qui, elle, est plus développée dans le tertiaire avec ses banques et ses assurances.

*Eve* Ici, vous votez souvent et le système tourne, même si les problèmes existent aussi! Les gens sont quand même distants, chacun vaque à ses affaires.

*Et l'école?*

*Eve* Dans les classes en Belgique, on parle d'enseignant. Ici, c'est le maître, alors que chez nous ce titre est exclusivement réservé aux avocats. Cela conditionne peut-être le rapport à l'apprentissage. D'autres différences apparaissent comme celle de l'obligation scolaire qui s'étend en Belgique jusqu'à 18 ans alors qu'en Suisse, elle s'arrête à 15 ans<sup>1</sup>.

*Gün* Ici, le système spécialise les élèves et leur donne des qualifications professionnelles plus tôt<sup>2</sup>.

*Eve* Une autre surprise, c'est la présence de manuels. En Belgique, ils n'existent pas du tout dans les classes: l'enseignant construit ses propres supports.

*Gün* La différence est grande aussi quant aux infrastructures. Le pire établissement en Suisse serait bien vu en Belgique. On n'y verra pas souvent des bibliothèques, de tels moyens audiovisuels, des salles des maîtres ou des cafétérias comme nous en avons découvert à Lausanne. Il y a chez nous peu d'entretien et donc de grands besoins de rénovation des bâtiments scolaires.

*Eve* Oui, mais c'est seulement depuis ici que

je m'en rends compte. En Belgique par contre, l'accent est mis sur les effectifs compris souvent entre 12 et 18 élèves au maximum. L'accent est mis sur les moyens humains alors qu'ici ce sont les moyens matériels qui sont favorisés.

*HEP Vaud – Isell Liège: quelle comparaison établissez-vous?*

*Eve et Gün* La comparaison n'est pas aisée car dans les cours suivis ici, notamment en économie et droit, les autres étudiants sont tous porteurs d'une licence universitaire alors que ce n'est pas le cas pour nous. Ici, les cours sont centrés sur comment enseigner plutôt que sur des contenus disciplinaires.

*Gün* En Belgique, la tendance est à un enseignement de type socioconstructiviste, les autres courants ne sont pas exploités. A Lausanne, les autres méthodes sont aussi présentées et exploitées.

*Et dans vos classes?*

*Eve* Les élèves belges posent plus de questions. Les Vaudois sont-ils plus introvertis? Est-ce le fait de travailler avec des manuels alors que les cours sont plus personnalisés en Belgique? Est-ce que les méthodes sont plutôt de type transmissif?

*Quel bilan tirez-vous de cette expérience?*

*Eve* Une difficulté à la HEP Vaud est celle du choix des stages et des cours sans être suffisamment guidé. Chaque étudiant Erasmus pourrait avoir un étudiant comme parrain. Et trois mois, c'est bien court, un semestre complet serait idéal.

Gün Oui, c'est trop court. Et du côté de l'Isell, les stages Erasmus devraient être ouverts plus facilement à tous les étudiants.

Eve et Gün Un grand moment a été le séminaire d'intégration au monde professionnel hors cadre, à la Tour-de-Peilz.

En conclusion, nous recommandons le stage Erasmus.

Propos recueillis par

Claude Othenin-Girard le 5 avril 2006

[claud.othenin-girard@edu-vd.ch](mailto:claud.othenin-girard@edu-vd.ch)

Actuellement, Claude Othenin-Girard enseigne la didactique de l'économie en formation initiale et continue à la HEP Vaud. Il enseigne aussi au Gymnase de Chamblandes.



<sup>1</sup> En réalité, dans la plupart des cas l'apprentissage complète la formation jusqu'à 18 ans, voire au-delà avec les maturités professionnelles.

<sup>2</sup> Note de l'auteur: Gün pense à la formation professionnelle, notamment, par l'apprentissage; il voyait cet élément comme un avantage pour la Suisse.

<sup>3</sup> Pas «prédigérée» pour les élèves, il s'agit de documentation officielle.

<sup>4</sup> Le concept s'inspire du *Monopoly*.

<sup>5</sup> Gün a d'ailleurs ajouté ultérieurement à l'entretien relaté ci-dessus la remarque suivante: « Dans le cadre du séjour Erasmus et en tant que stagiaire, j'ai pu construire une épreuve en comptabilité dans les classes de 8e année. Il s'agit d'une première exploitation de mon sujet de travail de diplôme qui me permettra d'affiner mes recherches et les critères d'évaluation des compétences.

La difficulté majeure a été justement d'établir les critères mais également de s'adapter au programme suisse contenu dans le Plan d'Etudes Vaudois (PEV) et surtout avec le système d'enseignement de la comptabilité. »

## Le travail de diplôme d'Eve

*Quelles sont vos intentions dans le cadre de votre travail de Diplôme ?*

Faire quelque chose qui sorte du quotidien de l'école; un travail qui donne aux élèves l'envie de travailler et qui leur permette de révéler leur personnalité.

*C'est l'ambition de nombreux maîtres, pardon d'enseignants! Comment comptez-vous vous y prendre ?*

En laissant créer par les élèves un jeu de simulation de création d'entreprise. En Belgique, il y a une bonne dizaine d'étapes à franchir.

*Est-ce que cette course d'obstacles s'inscrit dans le programme en Belgique ?*

Le programme du deuxième degré en économie prévoit, à la fin du cycle, que les élèves soient capables d'expliquer les opérations indispensables à la création d'une entreprise.

*Comment fonctionne votre concept de jeu ?*

Pour le jeu, des équipes de 4 à 6 élèves sont constituées. Le jeu se compose de 4 étapes.

Découverte des étapes de création d'une entreprise à partir d'une documentation « brute » – discussion des idées – proposition – production d'un rapport. Création de la planche, des cartes et du règlement<sup>4</sup>. Test du jeu par d'autres groupes. Evaluation du jeu par les élèves.

*Vous avez déjà expérimenté le jeu, quelles remarques feriez-vous ?*

Les élèves s'investissent plus que ce que je pensais, ils retiennent près de 80% des étapes, chaque groupe a sa propre approche et produit des documents originaux. L'expérience est concluante et m'encourage à persévérer dans cette voie.

## Le travail de diplôme de Gün

*Quel est le sujet de votre travail de diplôme ?*

Mon travail de diplôme porte sur l'évaluation des compétences des élèves en comptabilité.

*Pourquoi avoir choisi ce sujet ?*

D'après ce que j'ai pu en lire et en discuter, cette préoccupation est un enjeu majeur pour une meilleure formation des élèves mais également dans le cursus académique des maîtres d'économie – ceci d'ailleurs autant en Belgique qu'en Suisse.

*Quelles compétences comptez-vous développer ?*

Travailler sur des situations d'entreprise, des documents comptables comme des factures d'achats, de frais, de vente, trier, vérifier, classer, analyser et enregistrer les seuls faits utiles à la comptabilité.

Il s'agit ici de rendre le plus objectif possible la correction à partir d'indicateurs fins qui permettent à l'élève de se situer dans l'apprentissage<sup>5</sup>.

## L'ESPACE DES INVENTIONS

Destiné aux jeunes dès sept ans, *l'Espace des Inventions* est un lieu d'éveil à la science et à la technique, un espace de découverte et d'expérimentation. Ses activités visent à sensibiliser et intéresser les enfants et les jeunes aux questions scientifiques. Il a été ouvert en décembre 2000 et occupe un bâtiment unique datant de l'Exposition nationale de 1964, sis au parc de la Vallée de la Jeunesse à Lausanne.

### Des expositions

Depuis sa fondation, *l'Espace des Inventions* a présenté plusieurs expositions, dont 4 créations maison. Sa première exposition s'intitulait *La lumière: voir plus loin que le bout de son nez*. Des thèmes comme *la réfraction*, *le kaléidoscope géant*, *l'ombre et la lumière* étaient abordés de manière concrète et pratique grâce à plus de 25 expériences que les visiteurs pouvaient manipuler pour découvrir la lumière, son comportement, ses applications et ses « bizarreries ». Actuellement et jusqu'au 6 janvier 2008, on peut voir l'exposition intitulée *Feuille, Caillou, Ciseaux: à la découverte des matériaux*. Les visiteurs ont la possibilité de soupeser, déformer, palper des matières (métal, plastique, composite...), de les tester en les manipulant grâce à des expériences imaginatives, ceci afin de mieux comprendre les matériaux et leurs propriétés.

Les classes peuvent bien sûr visiter cette exposition. De plus, un dossier pédagogique est à disposition sur le site de *l'Espace des Inventions*<sup>1</sup> et sur celui d'Ecole-Musée<sup>2</sup>, afin de préparer les élèves avant leur venue. Des animateurs compétents et formés s'efforceront d'adapter la visite à l'âge et à l'intérêt des élèves.

### Le Club des petits inventeurs

*l'Espace des Inventions* organise régulièrement des ateliers pour les enfants: le *Club des petits inventeurs* propose aux jeunes de sept à douze ans de s'initier à la démarche de l'ingénieur en réalisant des expériences scientifiques

et des objets techniques qu'ils ramèneront à la maison. Ces ateliers sont organisés en collaboration avec le Centre vaudois d'aide à la jeunesse (CVAJ) et ont lieu les mercredis après-midi.

### Pain, Science & Chocolat

De nombreuses conférences scientifiques ont lieu en Suisse romande, mais peu sont accessibles aux enfants et spécifiquement conçues en fonction de leurs interrogations. *Pain, Science & Chocolat* est un cycle de conférences destiné aux familles qui se déroule chaque automne. Présenté par un ou plusieurs scientifiques, ce moment *interlude - curiosité* offre la possibilité à chacun, petit ou grand, de poser toutes ses questions, puis de prendre un goûter dans une ambiance décontractée et conviviale. L'entrée aux conférences *Pain, Science & Chocolat* est libre et le goûter offert. Le programme se déroule généralement les dimanches en fin d'après-midi.

### Autres activités

Dans le but d'éveiller l'intérêt des enfants et des jeunes pour la science et la technique, *l'Espace des Inventions* crée divers événements tout au long de l'année. Le *Grand Concours romand pour Petits Inventeurs* invite, par exemple, les classes de 4 et 5e année de Romandie à inventer un engin technique pour résoudre un problème. La grande finale aura lieu cette année le 2 juin 2007.

*l'Espace des Inventions* collabore également, chaque année, à la Nuit des musées et à d'autres événements annuels comme PâKOMUZÉ.

Valentine Lugin

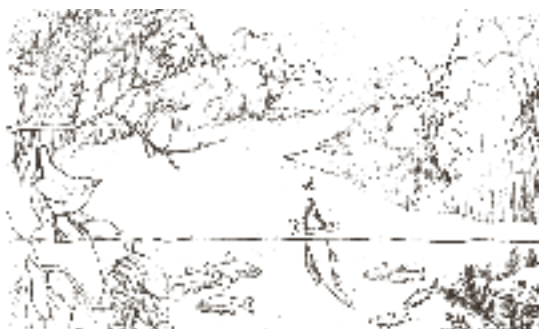
chargée de communication  
à *l'Espace des Inventions*



<sup>1</sup> Coordonnées de *l'Espace des Inventions*: Vallée de la Jeunesse 1, 1007 Lausanne. [www.espace-des-inventions.ch](http://www.espace-des-inventions.ch)  
info@espace-des-inventions.ch Tél: 021 315 68 80 Fax: 021 315 68 82

<sup>2</sup> Voir aussi la présentation d'Ecole-Musée dans *Prismes* 5 de novembre 2006, p 68: [www.ecole-musee.vd.ch](http://www.ecole-musee.vd.ch)

# LE CENTRE *PRO NATURA* DE CHAMP-PITTET (VD)



### L'éducation à l'environnement, ça s'apprend...

Ce centre *Pro Natura*<sup>1</sup> est situé à Cheseaux Noréaz<sup>2</sup> dans un cadre sauvage sur la rive sud du lac de Neuchâtel. Les classes peuvent se balader au gré des passerelles et des chemins dans la réserve et effectuer des observations de la faune et de la végétation typiques de cette zone humide. Diverses activités et expositions sont proposées.

Depuis le printemps 2006, le sentier des papillons invite les détectives en herbe à résoudre une énigme passionnante: « Qui a volé le miel de nos ruches? ». Ce jeu de piste chemine depuis les ruches du domaine, traverse les jardins, suit les lisières, et longe le marais.

Dès le 24 mars 2007, castor et ombre sont à l'honneur. Une exposition inédite et intrigante, *La rivière dans tous ses états*, met en lumière le milieu de la rivière et ses habitants, aujourd'hui en péril. Jeux d'adresse, d'observation et activités sensorielles sont au rendez-vous. Aux côtés de *Faria la Truite* et d'*Hector le Castor*, menez l'enquête et baladez-vous au fil de l'eau pour

en découvrir les secrets. Le poisson vous intéresse: découvrez sa morphologie dans les moindres détails. Le castor vous attire: entrez dans sa hutte en empruntant le tunnel souterrain aménagé par ce rongeur. Puis, enfiler le costume du martin-pêcheur ou de la salamandre pour plonger dans la rivière. Des animations permettent aux enfants d'approfondir leurs connaissances sur le fonctionnement de ce cours d'eau. Un spectacle audiovisuel *Au fil de l'eau*, met en scène la rivière et conduit le spectateur tout au long du chemin qu'elle parcourt. De plus, le peintre gruérien Jérôme Gremaud, le vendéen Benoît Perrotin et son collègue sculpteur Dominique Rautureau unissent leurs talents et offrent leurs visions de la rivière avec des regards complémentaires empreints d'une grande sensibilité.

### *Animatura*<sup>3</sup>

Des animations, destinées aux classes ainsi qu'à tous les groupes intéressés, dispensent de façon ludique des connaissances sur la nature près de chez eux. Elles durent trois heures et sont adaptées à l'âge et aux capacités des participants. Des animatrices et des animateurs ont été spécialement formés et se rendent dans la région des classes qui en font la demande. Une mallette pédagogique, pleine de jeux et de propositions d'activités permet d'éveiller la *curiosité*, l'*enthousiasme* et l'*émotion* des élèves tout en les stimulant à jeter un regard critique sur la nature qui les entoure.

*Animatura* répond aux attentes des enseignants. De plus, les objectifs des animations s'intègrent dans les plans d'études officiels. L'année passée, les élèves ont été amenés à découvrir les cours d'eau. Cette année, ils seront conduits sur les traces du castor.

### *Et encore...*

- Une plate-forme didactique d'*e-learning* pour partir à la découverte des cours d'eau derrière

son ordinateur et mieux les comprendre dans la nature. Lien direct: [www.liberez-nos-rivieres.ch](http://www.liberez-nos-rivieres.ch)

- Des aides pour l'enseignement et du matériel didactique sur différents thèmes en rapport avec la protection de la nature, dont une lettre d'information envoyée trois fois par an aux enseignants.
- Un journal pour les juniors *Croc'nature*, propose chaque trimestre un numéro richement illustré, qui aborde un thème de la nature par exemple *l'eau c'est la vie, la nuit, les fourmis des bois, le renard, le castor* et récemment *l'ombre*. Ce journal est une ressource pour l'éducation à la nature et à l'environnement tout particulièrement pour les classes de jeunes élèves.

Régine Clottu

<sup>1</sup> *Pro Natura* fut fondée en 1909 sous le nom de *Ligue suisse pour la protection de la nature*. L'objectif de cette nouvelle association consistait à ouvrir un parc national en Engadine. L'ambitieux projet aboutit en 1914. En Suisse, *Pro Natura* est l'association de référence en la matière. Elle accueille toute personne aimant la nature et comprend aujourd'hui 100'000 membres. Elle collabore à la gestion de plus de 600 réserves naturelles en Suisse.

<sup>2</sup> Le centre *Pro Natura* de Champ-Pittet, 1400 Yverdon-les-Bains, est ouvert du 24 mars au 4 novembre 07, du mardi au dimanche de 10h à 17h30. [www.pronatura.ch/champ-pittet](http://www.pronatura.ch/champ-pittet) champ-pittet@pronatura.ch Tél 024 426 93 41.

<sup>3</sup> Pour plus d'informations, consultez le site [www.pronatura.ch](http://www.pronatura.ch) rubrique Ecole/Jeunesse ou écrivez à [education.environnement@pronatura.ch](mailto:education.environnement@pronatura.ch) Tél. 024 426 93 15.



### EXPLORER LE CIEL EST UN JEU D'ENFANT

• Mireille Hartmann (2001). *Explorer le ciel est un jeu d'enfant*. Editions Le Pommier.

Partir à la découverte des planètes, des comètes et des étoiles, c'est ce que propose ce livre truffé d'illustrations et de schémas explicatifs. Il s'adresse aux jeunes élèves et leur propose des activités variées comme, par exemple, l'observation *in situ* (à l'œil nu ou aux jumelles...), des simulations à l'aide de maquettes très simples, la réalisation de représentations artistiques colorées ou encore le mime du système solaire dans une grande salle. Une quantité de domaines d'apprentissage sont touchés par ces activités : exercices graphiques, créations artistiques, perceptions visuelles et observation, apprentissage de la lecture par la nécessité de reconnaître les noms des planètes, structuration de l'espace et du temps, et d'autres encore... De plus, à la fin de l'ouvrage, on trouve des fiches à photocopier, illustrant des travaux dirigés à partir des différents thèmes. Mais par ces activités très « concrètes », les enfants s'interrogent, découvrent, s'étonnent, admirent et sont gagnés par un émerveillement devant l'immensité de l'univers.

Régine Clottu



### MÉCANIQUE, UNE INTRODUCTION PAR L'HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE

• Eric Lindemann (1999). *Mécanique, une introduction par l'histoire de l'astronomie*. De Boeck, Bruxelles.

Dans ce numéro de *Prismes*, Eric Lindemann a présenté lui-même son ouvrage dans son article « De la Physique ? Faut-il encore enseigner la physique au Gymnase en dehors des options ? ». Qu'on me permette de donner ici mon témoignage de lecteur *littéraire*, qui aurait pu donc, s'il avait été beaucoup plus jeune, bénéficier de son cours de physique destiné aux non scientifiques. Son vaste panorama, de l'antiquité grecque à nos jours, suscite tout d'abord un immense *respect* pour cette prodigieuse histoire de la connaissance rigoureuse du monde, parfois chaotique, toujours problématique, toujours en marche. Même si le profane ne peut la regarder que de loin, il est frappé par la beauté intellectuelle de cette œuvre due à la curiosité et à la souveraine intelligence des grands. La lecture patiente du livre de Lindemann provoque ensuite chez le littéraire ouvert aux sciences ce sentiment après tout délicieux d'être *intelligent* ! Car l'auteur conduit son lecteur pas à pas, en exigeant certes de lui un effort (nulle démagogie, nulle *facilité*), pour lui permettre de comprendre ce qu'il n'avait fait qu'entrevoir. Et l'on ne peut pas taire enfin le *style* de l'auteur, d'une élégante clarté toute classique. C'est donc à une belle *leçon* d'intelligence et d'humilité que nous convie l'auteur, leçon que j'ai suivie avec bonheur, regrettant même parfois d'avoir été son collègue, et non son élève !

Denis Girardet

# RECEVEZ *PRISMES* GRATUITEMENT À DOMICILE!

Relais du travail des enseignants, des étudiants, des formateurs chercheurs, *Prismes* propose une plate-forme d'échanges entre tous les acteurs attachés à construire des savoirs nécessaires pour l'avenir des enfants et des jeunes.

Pour recevoir personnellement et gratuitement notre revue bi-annuelle, abonnez-vous par courrier, téléphone, fax ou mail !



*Prismes* no 1  
Transitions

De la famille à l'école  
D'une culture à l'autre  
De l'école à la vie



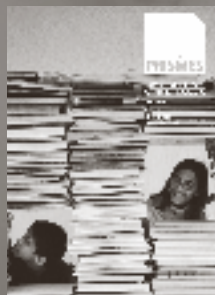
*Prismes* no 2  
L'art à l'école

Un jardin dans ma tête  
Un outil dans ma main  
Un chant pour respirer



*Prismes* no 3  
Jalons pour une éthique

Individu  
Respect ouverture  
Société  
Valeurs citoyenneté  
Ecole  
Cadre liberté



*Prismes* no 4  
Favoriser les  
apprentissages

Fondements  
Repères  
Expériences  
Environnement



*Prismes* no 5  
Partenariats

Construction  
Tension  
Négociation  
Solidarité



*Prismes* no 6  
Sciences et  
mathématiques à l'école

Connaître  
Comprendre  
Ordonner  
Le monde

## JE SOUHAITE OBTENIR UN ABONNEMENT À *PRISMES*

NOM, PRÉNOM

---

ADRESSE

---

NPA, LIEU

---

DE PLUS, JE DÉSIRE RECEVOIR  NO 1  NO 2  NO 3  NO 4  NO 5  NO 6

---

DATE

---

SIGNATURE

---

Courrier:  
*Prismes*, HEP-Institut  
de formation continue,  
av. de Cour 33, CP,  
1014 Lausanne

Téléphone:  
021 316 09 31

Fax:  
021 316 24 21

Mail:  
regine.clottu@hepl.ch

### Prochains numéros

Le septième numéro de *Prismes* aura pour thème *l'histoire de la pédagogie*. Le huitième numéro de *Prismes* portera sur *l'enseignement des langues*, incluant la communication et l'influence de la culture sur les apprentissages.

Toute contribution sur l'un de ces thèmes ou sur tout autre sujet n'est pas seulement bienvenue, mais vivement souhaitée. Les échos d'expériences pédagogiques seront particulièrement appréciés.

Délais rédactionnels:

*Prismes* 7: mi-juillet 2007

*Prismes* 8: mi-janvier 2008

### Contacts

Pour contacts de toutes natures (propositions d'articles ou de sujets, réactions sur une expérience abordée ou sur une réflexion proposée, critiques, etc.), on peut s'adresser au comité de rédaction de *Prismes*.

### Internet

Une page web est ouverte sur le site de la HEP. On y trouvera divers compléments et quelques éléments comme la page titre, le sommaire et des références bibliographiques plus complètes. [www.hep.vd.ch](http://www.hep.vd.ch) rubrique *Publications*.

### CAFÉ PÉDAGOGIQUE

#### Sciences et mathématiques à l'école

Une rencontre est organisée afin d'approfondir la thématique par l'échange en direct avec les auteurs de *Prismes*. Toutes et tous sont cordialement invités à nous rejoindre pour ce moment de réflexion et de débat. Ce café pédagogique aura lieu le premier octobre 2007 de 19h30 à 21h30 à la HEP Vaud, av de Cour 33, 1014 Lausanne. Venez librement, bienvenue à toutes et à tous!

Comité de rédaction de *Prismes*:

HEP-Institut de formation continue, av. de Cour 33, CP, 1014 Lausanne

Tél: 021 316 09 31

Fax: 021 316 24 21 (mention *Prismes*)

Mail: [regine.clottu@hepl.ch](mailto:regine.clottu@hepl.ch)



### IMPRESSUM

#### Comité de rédaction

Nicolas Christin, Régine Clottu, Denis Girardet, Jean-Louis Paley, Marguerite Schlechten Rauber. Avec la collaboration de Jean-Christophe Decker.

#### Responsable éditorial

Conseil de direction de la HEP Vaud

#### Adresse postale

Rédaction de *Prismes*, HEP-Institut de formation continue  
Av. de Cour 33, CP, CH-1014 Lausanne

#### Adresse électronique du comité de rédaction

[regine.clottu@hepl.ch](mailto:regine.clottu@hepl.ch)

#### Site web

[www.hep.vd.ch](http://www.hep.vd.ch), rubrique Publications

#### Maquette et réalisation

Atelier K, Lausanne

#### Photographies

Nicolas Christin

P.8 Dessins d'étudiants Unige / P.14 & 15 Dessins de Nasrat / P.16

Dessin de Chiara CIN Pully / P.20 & 22 Illustrations extraites de l'ouvrage intitulé: Mécanique, une introduction par l'histoire de l'astronomie. Eric Lindemann. Ed. De Bœck. 1999 / P.26

Photo EPFL. E.Salathé / P.47 Composition.J.Treboux. AVI. 9b1.

Es.Planta / P.49 Dessin de Virginie Uhlmann. Gymnase de Nyon

/ P.50 Dessin d'Yvan Schneider / P.66 Erasme.Gravure / P.67 Affiche

Espace des Inventions Lausanne. Photo Alain Herzog / P.68

Logo et extrait d'illustration. Revue Pro Natura Janvier 2007 /

P.69 Scan Couvertures de livres: Explorer le ciel est un jeu d'enfant. Mireille Hartmann Ed. Le Pommier 2001 Mécanique, une

introduction par l'histoire de l'astronomie. Eric Lindemann

Ed.De Bœck.1999.Bruxelles.

#### Imprimeur

Presses Centrales, Lausanne

1 | POURQUOI LES SCIENCES  
À L'ÉCOLE

2 | MATHÉMATIQUES ET SCIENCES

3 | LES MATHS DU CYCLE INITIAL  
AU GYMNASÉ

4 | APPROCHE DE L'ENVIRONNEMENT  
ENCORE...

DES RESSOURCES...

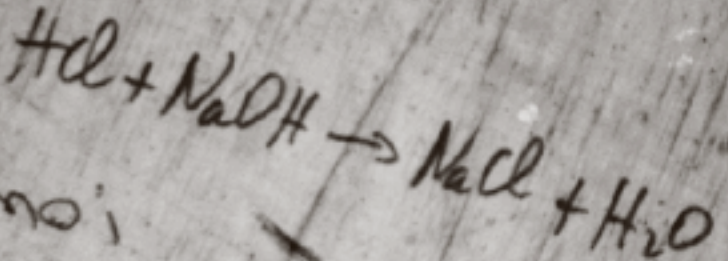
COUP DE CŒUR : PRÉSENTATION  
DE LIVRES

ABONNEMENT

CAFÉ PÉDAGOGIQUE

Besoin

de vacances!



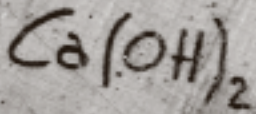
moi

aussi !!! =)

HÈH



moi  
d'aime la plage



$$U = R \cdot i$$