

DIFFICULTES D'UNE PEDAGOGIE DE LA DECOUVERTE DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Gabriel Gohau

La méthode pédagogique qui cherche à retrouver le cheminement de la découverte scientifique a été mise en oeuvre sous l'appellation "méthode de la redécouverte". L'analyse du rôle des expériences faites en classe montre comment cette méthode inductive peut se révéler tout aussi dogmatique que la méthode expositive. Une véritable redécouverte exigerait que les élèves soient mis en situation de recherche, d'initiative, de tâtonnement, qu'un vrai dialogue s'instaure pour faire apparaître les représentations des élèves. Pour mettre en oeuvre cette vraie pédagogie de la redécouverte, la formation des enseignants devrait être complétée par une initiation à l'histoire des obstacles épistémologiques et exigerait aussi une formation de chercheur.

Le présent texte est celui d'un exposé fait à Erice (Sicile) en février 1977, dans le cadre d'un cycle sur **La découverte scientifique : aspects logique, psychologique, culturel et social**, organisé par l'International School of History of Science (dirigé par M. D. Grmek et V. Cappelletti).

Il a paru en version anglaise, sous le titre "Difficulties inherent in a pedagogy of discovery in the teaching of the sciences", in M.D. Grmek, R.S. Cohen & G. Cimino (eds), *On Scientific Discovery*, D. Reidel Publ. Company, Dordrecht, 1981, pp. 191-210. Il a aussi été traduit en italien : "Difficoltà di una pedagogia della scoperta nell'insegnamento delle scienze", in G. Cimino, M.D. Grmek, V. Somenzi (a cura di), *La scoperta scientifica...*, Armando Armando, Roma, 1984, pp 147-167.

Il est reproduit ici sous sa forme initiale, quoique, dix ans après, il aurait sans doute mérité quelques aménagements. L'auteur préfère le conserver dans sa formulation du moment, croyant d'ailleurs que l'exposé garde quelque actualité. La comparaison avec un texte plus récent (G. Gohau, "l'enseignement des sciences et la formulation du jugement", *Cahiers Laïques*, n° 206, janvier-février 1987) conforte cette impression. Qu'on peut interpréter de façon moins bienveillante en estimant que la pensée de l'auteur est demeurée figée.

Simplement les références à l'épistémologie poppérienne, qui ne sont qu'une toile de fond à la critique pédagogique, pourraient-elles être actualisées (cf. G. Gohau, "Vers l'extinction du poppérisme", *Raison présente*, n° 81, 1987, pp 79-88).

Un mot encore : l'exposé de 1977, fait devant d'illustres

historiens des sciences de divers pays, avait pour but - en accord avec M.D. Grmek - de leur montrer la nécessité d'une histoire orientée vers la mise en évidence des obstacles épistémologiques, pour aider la pédagogie de la découverte.

I. Deux méthodes pédagogiques

I.1. Méthodes expositives, méthodes interrogatives

On peut classer les diverses pratiques pédagogiques en deux groupes : d'un côté, celles où le maître parle seul - nous les nommerons **méthodes expositives** ; de l'autre, celles où le professeur questionne ses élèves - nous les appellerons **méthodes interrogatives**.

dogmatisme

Les **méthodes expositives** sont classiquement celles des manuels d'enseignement, comme aussi des articles de vulgarisation... et des conférences. En classe, elles connaissent une certaine défaveur. On les qualifie volontiers de "dogmatiques" depuis que la psychologie de l'enfant nous a appris que le jeune n'était pas un adulte en miniature, et qu'il avait besoin de construire progressivement, à coup de rectifications successives, son propre savoir.

dialogue

Les **méthodes interrogatives** sont venues répondre à ce besoin. L'élève y est constamment sollicité, en sorte que le maître est contraint de suivre, dans une certaine mesure, la démarche de la pensée de ses interlocuteurs, avec ses hésitations, ses détours, voire ses régressions temporaires. L'archétype de ces méthodes est naturellement le dialogue socratique, où le maître parvient, à force de questions, à détruire le savoir apparent du disciple et à le remplacer par un savoir vrai.

Cette référence à la maïeutique socratique montre que les méthodes interrogatives n'ont pas attendu le développement de la psychologie de l'enfant pour s'imposer à l'esprit des meilleurs pédagogues. Sans prétendre vouloir retracer l'historique de la pédagogie, on peut dire, très grossièrement, que la méthode expositive, paraît prévaloir dans les périodes où l'on **conserve** la culture, alors que la méthode interrogative serait celle des temps de **création** culturelle et de remise en question du savoir antérieur.

Ainsi, la Renaissance critique les méthodes pédagogiques dogmatiques du Moyen-Age et pour nous contenter d'une référence littéraire, nous pouvons dire que la méthode expositive est celle du premier maître du **Gargantua** de Rabelais, et la méthode interrogative celle du second.

de Rabelais ...

Rabelais raille le "grand docteur sophiste nommé maître Thubal Holoferne" qui apprit si bien l'alphabet à son élève que celui-ci "le disait par coeur au rebours". Le second maître, Ponocrates, à l'opposé, lui fait faire toutes sortes d'exercices, et par exemple, "passant par quelques prés ou autres lieux herbus, visitant les arbres et les plantes", il en recueille pour les examiner au logis, et compare ce qu'il observe à ce qu'en disaient les anciens (1).

... à l'enseignement scientifique

J'ai choisi à dessein ce court extrait de **Gargantua** parce que Rabelais y fait allusion à l'observation de la nature (ici les végétaux). Or je dois parler de la pédagogie de l'enseignement scientifique, dont l'observation (ainsi que l'expérimentation) est une composante fondamentale. En sorte que l'opposition entre la méthode interrogative et la méthode expositive recouvre finalement une opposition entre un procédé où l'on découvre progressivement, à coup d'observations et d'expériences, et une technique où l'on récite l'exposé rationnel bâti par le maître, et où l'observation des objets et des phénomènes est remplacée par la reproduction de schémas. C'est pourquoi cette méthode est parfois dite "livresque", car elle procède, comme les livres, par exposés et schémas.

1.2. Construction - illustration, induction - déduction

L'opposition se retrouve aussi sur un autre plan. La méthode interrogative **construit** le savoir, c'est-à-dire les lois, théories et concepts généraux à partir des observations et des expériences. Elle procède donc par **induction**, cheminant du particulier au général. Au contraire, habituellement, le maître qui expose seul les connaissances part des principes dont il déduit les cas particuliers. Si donc il introduit des expériences dans son enseignement, il les place en fin de cours, en **illustration** de la théorie. Sa méthode est **déductive**.

du cas particulier au général, et l'inverse

Et finalement, dans l'enseignement scientifique, cette distinction entre induction et déduction est plus fondamentale que l'opposition exposé-dialogue ou l'opposition cours sans expériences - cours avec expériences. Car aujourd'hui peu d'enseignants rejettent totalement le dialogue, et tous sont contraints par les instructions ministérielles d'expérimenter et de faire manipuler (séances de travaux pratiques) leurs élèves.

Parce qu'elle vise à construire à partir des observations des élèves, la méthode inductive peut se targuer de suivre la démarche de la pensée des jeunes. Par ailleurs, elle cherche à reproduire le cheminement de la science, en progressant des faits particuliers aux lois et théories générales. Ce qui lui assure en pédagogie des sciences un certain prestige. Pourtant le rapport entre la démarche pédagogique et celle de la science n'est pas aussi

retrouver le
cheminement de
la découverte
scientifique

connaître
l'histoire
des sciences

simple.

Cette induction s'éloigne évidemment de celle des philosophes (induction amplificante ou généralisante). Le logicien R. Blanché (2) compare avec humour la première à un saut en hauteur (en ce sens qu'elle **invente**, qu'elle s'élève au-dessus des faits déjà connus) et la seconde à un saut en longueur, car elle ne fait que prolonger l'acquis.

Ainsi définies les méthodes inductives tendent à retrouver le cheminement de la science, de la **découverte** scientifique. Elles intéressent donc l'historien de la science plus que les méthodes déductives qui ne visent, en partant des principes, qu'à l'exposé logique d'un édifice théorique supposé achevé dans sa construction.

Et pourtant leur utilisation pose un problème épistémologique, car dans l'ignorance où est l'enseignant des sciences de l'histoire et de l'épistémologie de sa discipline les techniques inductives ont abouti à des absurdités en croyant qu'il suffisait de retourner la méthode traditionnelle déductive pour fonder une pédagogie active de la découverte. Pour le démontrer, j'examinerai la méthode utilisée dans l'enseignement français depuis la fin de la guerre, et connue sous le nom de technique de la redécouverte.

2. LA "REDECOUVERTE" DEPUIS BRUNHOLD

2.1. Origine et objectif

Proposée par l'Inspecteur général Brunhold, cette technique renoue avec une tradition inductive amorcée dans les années 1880, au moment du vote des lois laïques, ce qui, au passage, souligne que les méthodes inductives renaissent dans les périodes de progrès.

Dans un texte de 1948 (3), Charles Brunhold définit ainsi son objectif : il ne s'agit nullement de "**répéter les démarches historiques de telle ou telle recherche**" mais seulement de "**retrouver, avec les moyens dont le professeur dispose aujourd'hui (...) les résultats de ces recherches**". Et l'auteur précisait que si sa réflexion l'avait conduit à la redécouverte plutôt qu'à une stricte méthode historique c'était à cause de "**la nécessité pour beaucoup de nos élèves qui se destinent à des carrières scientifiques ou techniques, d'acquérir avant toute formation spécialisée, l'ensemble des connaissances indispensables**". Ce que les méthodes purement historiques n'auraient pas permis, estimait-il, de faire en un temps d'étude raisonnable.

Autrement dit : la "redécouverte" vise à faire acquérir par l'"esprit" et la "méthode" de l'histoire des sciences, les "connaissances indispensables" qu'on inculquait anté-

former aux
carrières
scientifiques

esprit,
méthode,
connaissances

rieurement par les procédés expositifs. Entreprise louable si l'on peut donner aux jeunes le même savoir d'une façon plus formatrice pour leur esprit, en suivant mieux le développement de leur pensée.

2.2. Limites de sa mise en oeuvre

Mais l'équivoque fondamentale de la méthode provient de ce qu'elle croit légitime de gommer les obscurités et les tâtonnements de la démarche historique. "Tout se tient quand tout est construit" dit Gaston Bachelard (4) pour souligner qu'après la découverte toutes les incertitudes du cheminement sont effacées par **celui qui sait**. C'est alors qu'on peut bâtir des expériences de vérification (ou de corroboration), capables de tester la théorie. Ce qui veut dire que le chemin qui mène de l'hypothèse à sa corroboration n'est pas l'exact opposé de celui qui conduit des observations préliminaires à la formulation de l'hypothèse. On retrouve une opposition, classique en histoire des sciences, entre la science-qui-se-fait et la science achevée. Et je n'insisterais pas sur ce point connu de chacun de vous si la "redécouverte" n'ignorait cette distinction primordiale.

la science qui
se fait et la
science achevée

C'est qu'en effet, sous l'impulsion de C. Brunhold, devenu Directeur de l'enseignement secondaire français, les maîtres et les manuels ont inversé théories et expériences, dans l'ordre d'exposition. De telle sorte que l'expérience, qui servait jusqu'alors à **illustrer** une leçon, en fin de chapitre, fut brusquement placée en introduction, la leçon dérivant de l'"interprétation" de la manipulation. Pour donner une idée de l'application de cette méthode, voici un court extrait du projet de programme présenté en 1966 par l'Inspection générale des sciences naturelles. On verra que lorsque j'affirme que la **même** expérience qui, autrefois, illustrait le cours, sert aujourd'hui à le présenter, je n'exagère nullement. Je prendrai pour exemple la leçon 20, intitulée "les synthèses chlorophylliennes".

inversion
théorie
expérience

"Travaux pratiques :

Analyse d'expériences montrant,

- qu'une plante verte peut se développer sur un milieu purement minéral,

- que certains éléments sont nécessaires dans ce milieu (...)

Expérience sur une plante aquatique faisant apparaître un dégagement d'oxygène (...)

Expérience permettant la mesure relative de l'intensité de dégagement. Etude de l'influence d'un facteur sur cette intensité (...)

Expression graphique des résultats.

Cours : les échanges gazeux chlorophylliens."

occultation des
tâtonnements de
la science

La rédaction définitive a beaucoup assoupli le libellé en biffant la séparation travaux pratiques-cours, et en donnant plus de liberté dans le choix des expériences.

Mais l'esprit est resté le même. C'est-à-dire que, dans la pensée de l'Inspection générale, la classe est notamment invitée à réaliser et analyser une série d'expériences complexes **en vue** d'en tirer la notion d'échanges chlorophylliens. Le tout, **last but not least**, en deux heures de travaux pratiques et une heure de cours !

La mise en parallèle de cette liste extravagante et du temps accordé à son étude ferait sourire si elle ne laissait apparaître une conception totalement erronée de la démarche scientifique. Pour croire ainsi que par une suite d'expériences de cours on puisse établir une notion scientifique, il faut posséder de la science une conception singulièrement empiriste, et tenir pour des aberrations les hésitations et les tâtonnements de son histoire.

Ce projet implique en effet :

1° - Que les expériences de vérification peuvent être présentées comme des données premières. Autrement dit, que si la science a réalisé, sur le même sujet, de multiples expériences beaucoup moins probantes avant d'en arriver à celle-ci, ce n'est que par un regrettable accident de parcours qui a retardé indûment la saine compréhension du phénomène. Les obscurités et les lenteurs de la science, et avec elles toute l'histoire de la pensée scientifique ressortissent à une sorte de pathologie de la recherche.

2° - Que les expériences de cours sont démonstratives, et sont, par conséquent, de véritables expériences de vérification (au sens fort).

empirisme

Ces deux propositions sont la marque d'une pensée empiriste, mais d'un empirisme outré, quasi-caricatural, sans rapport aucun avec l'empirisme philosophique de l'école de Vienne, par exemple (5). Aucun épistémologue ne pourrait les soutenir, et nous allons montrer qu'elles ignorent les données les moins contestées de l'histoire des sciences : l'empirisme postulé par la redécouverte est purement tétatologique !

2.3. Expériences de vérification dans l'élaboration de la science

Reprenons d'abord la première proposition. L'expérience de vérification (ou de corroboration (6)), historiquement postérieure à l'hypothèse qu'elle teste, pourrait-elle **logiquement** la précéder ? On doit répondre énergiquement : non.

Je partirai, pour le prouver, du très bel exemple que

l'idée
d'expérience
cruciale

donne M.D. Grmek dans son ouvrage sur les recherches toxicologiques de Claude Bernard (7). Le cas est intéressant parce que l'expérience qui, plus tard, allait devenir **cruciale** fut réalisée avant que le chercheur n'eût formulé l'hypothèse correspondante. Or, cette expérience fut d'abord complètement incomprise par l'illustre physiologiste qui formula une explication (fausse) en contradiction flagrante avec son résultat.

On sait que le sang empoisonné par le monoxyde de carbone (CO) prend une coloration rouge vif, très semblable à celle de l'oxyhémoglobine (combinaison de l'oxygène avec l'hémoglobine). Aussi les premiers observateurs crurent-ils qu'il s'agissait d'un même composé et prirent-ils le sang empoisonné par le monoxyde de carbone pour du sang riche en oxygène. "L'oxyde de carbone empoisonne en empêchant le sang artériel de devenir veineux" dit en avril 1856 Claude Bernard, qui maintient cette confusion. L'erreur était légitime et le propos n'aurait rien de surprenant si le célèbre biologiste n'avait préalablement montré que le sang perd son oxygène en présence de CO. Si ce dernier déplace l'oxygène, ce n'est donc pas l'oxyhémoglobine qui colore le sang en rouge vif chez l'animal empoisonné. Tel est le raisonnement élémentaire que nous faisons, nous qui **savons** l'existence de la carboxyhémoglobine (combinaison monoxyde de carbone + hémoglobine).

Claude Bernard
contre l'illusion
de la
redécouverte

Et pourtant, le grand Claude Bernard ne le fait pas ! Plus tard, quand il aura résolu la question, cette expérience du déplacement de l'oxygène par le monoxyde de carbone deviendra **cruciale**. Elle permettra de vérifier l'hypothèse. Mais tant que l'hypothèse n'est pas énoncée, l'expérience est insignifiante - à tous les sens du mot. Vouloir que nos élèves en la réalisant découvrent en quelques instants la solution que Claude Bernard a mis des années (de réflexions et de nouvelles expérimentations) à mûrir, c'est évidemment faire de l'expérience un simple prétexte à l'exposition, par le maître, de l'hypothèse. Donner aux élèves l'illusion qu'ils ont eux-mêmes découvert la solution est pure imposture.

Ma démonstration est cependant incomplète. Il est manifeste, en effet, que Claude Bernard, dans l'exemple étudié, commet une erreur logique en formulant une conclusion directement contredite (c'est-à-dire réfutée) par l'expérience. On peut donc objecter à notre argumentation que, si l'expérience cruciale ne peut être perçue comme telle avant que l'hypothèse qu'elle teste ne soit émise, c'est à cause d'un simple défaut dans le raisonnement. On peut ajouter, alors, que le rôle du professeur, éclairé par la connaissance du résultat, est d'éviter de telles erreurs et de permettre aux jeunes... de raisonner plus juste que Claude Bernard. Mais le passage direct : expérience cruciale → théorie ne

peut être obtenu par le seul raisonnement, ce n'est pas une simple induction. Une démarche strictement inductive, en effet, consisterait, dans le cas présent, à réunir toutes les expériences où le sang prend une coloration rouge vif. C'est ce qui a été fait spontanément dans un premier temps, par les prédécesseurs de Claude Bernard, et par lui-même au début de ses recherches. Pour découvrir la carboxyhémoglobine, il faut faire un détour, prendre le contrepied de ce travail cumulatif. Bref : il faut **disjoindre** les deux cas de coloration rouge vif, selon que la couleur est provoquée par l'oxygène ou par le monoxyde de carbone. A l'opposé de l'induction qui associe les cas semblables il faut les dissocier. L'invention de l'hypothèse marque toujours une certaine rupture avec les idées du moment. Elle est un acte de **création**, un "saut en hauteur".

2-4. Statut des expériences faites en classe.

L'expérience de cours, qui est une variante simplifiée des expériences de laboratoire, est-elle aussi démonstrative que celles-ci ?

de l'expérience
illustration à
l'expérience
vérification

Dans les techniques expositives, l'expérience de cours avait pour fonction d'**illustrer** la leçon et non de la **vérifier**. Le maître, en effet, savait que ce qu'il dit est vérifié depuis longtemps par des expériences beaucoup plus soignées que celles qu'il peut réaliser en classe. Si par extraordinaire, on avait exigé de lui qu'il fît cette vérification (ou corroboration), il aurait su qu'il ne pouvait se contenter des grossières manipulations qu'il "bricolait" dans le seul souci d'une illustration de son exposé. Un exemple nous aidera à préciser ce point.

Un long débat agita naguère les professeurs de sciences naturelles des lycées de France à propos de l'emploi du bleu de méthylène pour mettre en évidence les déshydrogénases tissulaires. Je laisse de côté les thèses en présence. Il nous suffira de savoir qu'un de mes amis, biochimiste de formation, réalisa une série soignée d'expériences afin de résoudre la question posée. Sa réponse (8) fut que le bleu de méthylène est effectivement décoloré par les déshydrogénases, et donc qu'il permet bien de les matérialiser. Tous les professeurs qui utilisaient le bleu de méthylène pour montrer que le premier stade de l'oxydation cellulaire est une déshydrogénation furent immédiatement rassurés : l'expérience qu'ils utilisaient était... probante.

les expériences
dites "probantes" ...

Soit. Seulement, s'il avait fallu les expériences délicates de Claude Bourgeois pour établir que notre expérience sommaire de classe était correctement "interprétée", n'était-ce pas aussi la preuve que cette grossière manipulation était, par elle-même, non démonstrative. Or, quand Bourgeois fit son étude, tous les professeurs de

sciences naturelles de France utilisaient cette expérience non probante pour faire découvrir (!) à leurs élèves la présence d'enzymes arrachant l'hydrogène aux métabolites cellulaires.

Que l'interprétation qu'on en donnait fût exacte ou non n'a aucun intérêt. Certes, elle l'était et c'est évidemment tant mieux. Mais, elle aurait été fausse que nos élèves n'en auraient pas moins "redécouvert" l'existence des déshydrogénases. L'expérience de cours ne **prouve** donc absolument rien. Et la raison en est que l'expérience de cours est non "falsifiante", puisque le professeur n'enseigne que des théories exactes -ou du moins qui passent pour telles au niveau de l'enseignement secondaire. Il est donc exclu que l'expérience ne "réussisse" pas. Supposons que l'expérience conduite à un résultat négatif : elle est si grossière dans sa réalisation que la chose est fréquente. Que fait le professeur ? Il ne réfutera évidemment pas la théorie qu'il croit exacte, mais l'expérience, qui a "raté".

Par conséquent, l'expérience ne peut, en droit, réfuter la théorie. Sa valeur de test est rigoureusement nulle. Elle ne contient aucune **information** sur la théorie. L'élève est trompé si on lui laisse croire qu'il a prouvé, ou pire qu'il a découvert, la théorie. Quand l'expérience donne le résultat espéré, on le guide habilement vers l'interprétation correcte... qu'on lui fait souligner de rouge. Lorsqu'elle offre un autre résultat, on doit bien avouer l'imposture en lui énonçant tout de même la "bonne" conclusion, en lui proposant, dans le meilleur des cas, de comprendre quelles influences secondaires mal fixées ont provoqué le "ratage".

... ne prouvent rien

les réflexes de la Grenouille ...

Je prends un exemple qui montrera, de façon quasi caricaturale à quel point l'expérience de cours est non démonstrative. La généralisation progressive des réactions réflexes de la grenouille spinale en fonction de concentrations croissantes en acide d'une solution d'eau acidulée porte le nom de lois de Pflüger, du nom du physiologiste allemand du siècle dernier qui les aurait établies. En gros, on admet que l'animal retire d'abord le membre immergé dans l'eau acidulée. Puis que, lorsque la solution est plus concentrée, il retire en même temps le membre symétrique (les deux pattes postérieures quand on trempe une patte arrière). Puis, qu'il agite les quatre membres.

... qui ne corroborent pas les lois de Pflüger

En fait, il arrive fréquemment que la généralisation se produit d'une autre façon : d'abord la patte arrière excitée (naturellement !) puis cette patte et le membre antérieur situé du même côté, puis les quatre membres. Or les "lois" n'ont retenu que le premier type de généralisation. Eh bien, si les aléas de l'expérimentation nous font réaliser le second type de réaction, nous sommes obligés, malgré tout, d'énoncer la prétendue "loi de symétrie".

En confiance, j'avouerai que devant la fréquence du résultat hétérodoxe, je me suis longtemps lamenté sur mon piètre talent d'expérimentateur. Jusqu'au jour où j'ai su que d'habiles manipulateurs obtenaient le même résultat. Ainsi donc, cette "loi", réfutée des milliers de fois ou plus, dans les classes des lycées de France, et sûrement d'ailleurs, n'a jamais été mise en doute. Les manuels d'enseignement secondaire (voire supérieur) la transcrivent pieusement, les enseignants la répètent solennellement, tout en se lamentant sur leur propre maladresse (la mienne, au demeurant est réelle !). Peut-on montrer de façon plus évidente que l'expérience de cours n'est pas falsifiante, et donc qu'elle n'est pas corroborante puisque, comme le montre K.R. Popper, le degré de corroboration d'un test est fonction directe du degré de réfutabilité de la théorie testée. **L'expérience de cours est exclusivement illustrative.**

l'état actuel de la science préside à la conception des manuels et des cours

Tous les auteurs de manuels le savent bien, d'ailleurs, qui choisissent leurs expériences en fonction du texte à illustrer, et non l'inverse. Une démarche authentiquement empiriste exigerait qu'on parte du réel complexe en vue de le disséquer. Si l'on avait le souci d'une conduite vraiment heuristique, on partirait des documents bruts pour en dégager les problèmes et en tirer des concepts, d'abord grossiers, puis de plus en plus fins.

Au lieu de cela, les manuels et les cours ne nous présentent jamais que des faits déjà tout élaborés, des objets déjà tout épurés. Ils prétendent restituer le cheminement de la science, mais ils partent en fait de son état présent. Ils font semblant de nous faire découvrir les lois et théories, mais ils nous mettent d'emblée sous les yeux les expériences faites en vue de prouver ces lois après qu'elles furent énoncées. Ce qui est doublement fautif.

D'une part, l'expérience est "parachutée". Comme Athéna, elle surgit toute armée du cerveau du maître. On traite de dogmatique la méthode traditionnelle expositive, mais est-on moins dogmatique quand on expose une expérience que lorsqu'on expose une théorie ? Dans l'un et l'autre cas, le maître présente un savoir élaboré, en épargnant aux élèves l'effort d'analyse ayant permis la découverte progressive de ce savoir.

D'autre part, on laisse croire que l'implication qui unit la théorie à l'expérience est réciproque. Ce qui est un non-sens du point de vue de la logique formelle. L'expérience, fait particulier, est conséquence de la théorie, énoncé général, mais l'inverse est évidemment absurde.

l'enseignant propose un savoir élaboré

Finalement, la méthode de redécouverte apparaît tout à fait dogmatique, mais d'un dogmatisme insidieux : elle impose la théorie autant que la méthode expositive. Plus même, puisqu'elle prétend la "dédire" d'une expérience

le dogmatisme
insidieux de la
redécouverte ...

... menace la
crédibilité de
la science

que les élèves ont vue. Son dogmatisme caché, son cryptodogmatisme, ne peut-il être qualifié de bidogmatisme puisque, non content d'imposer le savoir du maître, il prétend le fonder expérimentalement ?

Le danger de cette technique tient à ce que l'élève, quand demain il apprendra que le savoir que lui a inculqué ses maîtres était imparfait, sera tenté de perdre tout crédit en la science, et de rejeter l'édifice scientifique entier. Craignons que déçus de la fausse image de la science que nous leur donnons, nos élèves ne se tournent vers les mystificateurs et les charlatans.

Cette critique sévère de l'état récent des techniques inductives peut paraître excessive, surtout pour ceux qui vivent encore sous le joug de méthodes expositives. Mais précisément, il s'agit de tirer sans indulgence la leçon d'un échec dont la pédagogie française n'est pas encore parvenue à se sortir. Et maintenant, essayons de montrer ce que serait une véritable pédagogie de la découverte qui ne tournerait pas le dos à l'histoire de la science.

3. POUR UNE VERITABLE REDECOUVERTE

3.1. Mettre l'élève en situation de recherche véritable

la recherche et
ses tâtonnements

Si l'on désire que l'élève découvre, il faut le mettre dans une situation de recherche véritable. Dans la pédagogie de la redécouverte, la situation des "chercheurs" est tout à fait artificielle : grâce à quelques expériences sommaires qu'on leur flanque brutalement sous les yeux, on voudrait qu'ils retrouvent une théorie majeure de la science, dont l'élaboration a demandé des siècles de tâtonnements. Ce qui est absurde, ce n'est pas croire que l'élève est capable d'effectuer des recherches, mais de penser qu'en quelques heures il redécouvrira un grand concept de la biologie ou de la physique.

l'exemple du
projet Nuffield :

La pédagogie de la redécouverte était dans la bonne voie, mais son ambition était démesurée. Le projet de la fondation Nuffield, expérimenté en Grande-Bretagne, a beaucoup mieux mesuré quelles étaient les possibilités des jeunes en matière de recherche expérimentale. Ce projet prévoyait en effet, au niveau des élèves de 16 à 18 ans -"A-level"- de consacrer le dixième du temps des études à un "projet ou travail indépendant" qui était un véritable programme de recherche expérimentale. (9)

L'élève pouvait s'attaquer à un problème nouveau, mais le plus souvent on lui demandait de modifier une technique qu'il avait déjà utilisée, ou dont il avait étudié les résultats. Par exemple, il appliquait à un animal différent une méthode d'analyse antérieurement étudiée en classe. Il pouvait confronter ses résultats avec ceux de

initiative
modeste,

mais découverte
réelle

une expérience
n'est cruciale
qu'après coup

la bibliographie. Ce type de recherche ressortit clairement à ce que Th. Kuhn nomme la "science normale" : appliquer une technique expérimentale maîtrisée à un matériel nouveau (10).

Cette recherche ne demande évidemment qu'une part modeste d'initiative. Cependant, elle offre des résultats **originaux**, à la différence de la redécouverte qui ne fait que répéter des choses connues depuis longtemps. De ce point de vue, le travail indépendant du projet Nuffield est beaucoup plus satisfaisant pour l'esprit de l'élève que les pseudo-découvertes des méthodes dites inductives, car si la recherche est modeste, la découverte est réelle.

D'ailleurs, au fond c'est bien normal, car les découvertes les plus nouvelles ne partent pas, en général, de questions fondamentales. En s'attaquant au pouvoir rotatoire des tartrates, Pasteur n'avait pas conscience qu'il allait fonder une science nouvelle.

Les découvertes majeures sont souvent des réponses à de petits problèmes... qu'on a su mener jusqu'au bout. La "science normale" est la seule qui ait une existence réelle. Ce que Kuhn nomme le changement de "paradigme" n'a d'existence que rétrospective. Pasteur introduit un tel changement par sa persévérance à poursuivre les implications de sa découverte de la dissymétrie moléculaire. A quel moment ses recherches sortent-elles du cadre de la science normale, ce n'est pas facile à dire, et en tout cas on ne peut le savoir qu'**après coup**, quand on sait les conséquences de ses découvertes. Finalement, la pédagogie de la redécouverte prend les problèmes à l'envers elle croit que, sous prétexte que quelques expériences deviennent **a posteriori** cruciales, on a le droit de les isoler, de les extraire de leur tissu de recherches obscures, opiniâtres, et de réduire à ces tournants de son histoire toute l'activité scientifique. Mais si l'on veut que l'élève découvre vraiment, qu'il apporte un résultat inédit, il est impossible de lui choisir une expérience cruciale : l'exemple précédent de Claude Bernard nous a suffisamment montré qu'une expérience n'est cruciale que si on a en tête l'idée nouvelle qu'on veut tester.

Les auteurs du projet Nuffield ont réalisé ce que n'avait pas osé Ch. Brunhold : dissocier l'acquisition du savoir scientifique de l'apprentissage de sa méthode. Une recherche conduite par l'élève ne peut avoir pour but de découvrir un concept ou une théorie majeurs. Les deux activités sont assez différentes, sinon opposées. On pourrait les séparer.

Chez les jeunes enfants (5 à 13 ans) le même projet Nuffield prévoit une large place à l'activité et à l'initiative des élèves. Quelques établissements scolaires français ont expérimenté en France, dans le même sens, sous la conduite de V. Host (en biologie). Le but de ces activités scientifiques est de faire naître chez le jeune

apprendre des
méthodes en
manipulant ...

une attitude expérimentale. Il s'agit de conduire les élèves à se poser des questions, puis à tenter de les résoudre eux-mêmes en manipulant. Aucun souci de leur **apprendre** la science, mais seulement de leur faire **comprendre** ce qu'est la recherche.

3.2. Construire les connaissances de manière plus progressive

... et acquérir
des connaissances ...

Mais naturellement, cette dissociation laisse entier le problème de l'acquisition des connaissances. On peut proposer de juxtaposer à l'apprentissage actif de l'esprit de recherche un enseignement scientifique de type traditionnel, présentant la science sous sa forme la plus rationnelle. Il me semble qu'à ce compte on perdrait une partie du bénéfice des méthodes inductives. Il est possible de présenter le savoir acquis d'une manière nouvelle qui évite les artifices des techniques de redécouverte.

... en distinguant
des niveaux de
formulation des
concepts

Le gros inconvénient des méthodes déductives est leur caractère dogmatique ; la connaissance scientifique est d'emblée présentée dans son aspect de perfection actuelle. Il y manque, sinon une induction véritable, du moins une construction progressive, soit en suivant l'histoire des découvertes, soit en retrouvant les concepts les plus généraux à partir de savoirs partiels.

associer les élèves
à la construction
des concepts
unificateurs

La psychologie génétique nous a montré que l'élève avait besoin d'assimiler le savoir, de le digérer, en quelque sorte. Or, les méthodes déductives le présentent sous une forme... indigeste. Nous avons la manie de vouloir enseigner d'emblée nos conceptions les plus abstraites. On doit distinguer des **niveaux** dans l'acquisition des connaissances (cf. recherches INRP sur les procédures d'apprentissage). La respiration est d'abord un mouvement alternatif d'inspiration et d'expiration, puis elle est un échange gazeux ; ensuite, elle est transport de gaz, enfin, elle devient échange d'électrons.

L'intérêt de dégager progressivement les concepts abstraits est évidemment d'en faciliter l'acquisition, en les démontant. Mais c'est aussi d'associer les élèves à leur élaboration. Certains concepts généraux apparaissent comme des moyens d'unifier des secteurs jusque là indépendants de la science : la théorie de l'évolution est de ce type. Dans un cours bien conduit, les élèves seront amenés, non à découvrir ces théories unificatrices, mais du moins à **comprendre** leur genèse, et à la reconstituer activement, sous la direction du professeur.

A ce stade du travail, l'expérimentation semble d'un faible secours. Mais il serait stupide et dangereux de vouloir expérimenter constamment. C'était précisément le défaut de la redécouverte de vouloir tout retrouver par la manipulation. En réaction contre les méthodes anciennes, on a voulu réhabiliter l'observation directe au détriment du savoir livresque. Nous avons fait comme

réhabiliter le
savoir livresque
sans stériliser
la curiosité

les contemporains de Rabelais. Les manuels avaient trop longtemps éloigné les enseignants de la manipulation et de l'observation, et d'aucuns se sont dit que pour savoir il suffisait de voir.

Il est temps de réhabiliter le livre à son tour. Le nécessaire développement d'une attitude expérimentale, dont nous parlions plus haut, serait dangereux s'il s'accompagnait d'un complet dédain pour le livre. Répondre à l'élève, chaque fois qu'il pose un problème : tu n'as qu'à expérimenter, serait tout aussi stupide que de lui dire systématiquement : regarde dans un livre. Le respect inconditionnel du savoir livresque éloigne de l'apprentissage personnel, mais le recours excessif à ses observations propres risque de conforter l'esprit dans ses préjugés. En fait, ce qui est condamnable, ce n'est pas l'usage du livre mais l'utilisation exclusive du manuel.

Le manuel d'enseignement apporte des réponses toutes prêtes à des questions que ne se pose pas l'élève. En ce sens il stérilise toute curiosité. Mais le livre n'est pas forcément un manuel. L'enfant, et surtout l'adolescent, peuvent être mis au contact d'ouvrages dont ils auront à extraire un résumé, à dégager une idée générale,... Ce genre d'activité est aussi éducatif que l'expérimentation. Il faut redouter les ouvrages qui ne donnent à l'élève que des schémas et ne lui offrent du réel que les modèles abstraits construits par les scientifiques. Mais si le livre consulté l'oblige à construire lui-même le schéma à partir d'ébauches, d'éléments dispersés, de schémas partiels...

D'ailleurs, le refus du manuel coïncide avec l'abandon du cours magistral, car tous deux ont le même défaut : ils ont une réponse à tout. Ils sont finalement trop bien faits. Le maître qui prépare un cours, comme aussi l'auteur du manuel, élaguent ce qu'ils ont appris pour n'en retenir que l'essentiel. Mais comprend-on cet essentiel quand on n'a pas suivi son élaboration ? Souvent un bon résumé est incompréhensible pour qui n'a pas lu le texte qu'il condense. Il n'est évidemment pas question de demander à l'élève de passer d'abord par le savoir du maître avant d'acquérir les connaissances de base. Mais les voies de l'apprentissage ne doivent pas être trop directes : on ne comprend bien que ce qu'on enseigne.

laisser une part
d'élaboration
à l'élève

3.3. Etablir un vrai dialogue avec l'élève

Cependant, si l'élève apprend son cours dans les livres, et s'il s'initie à l'expérimentation par une recherche personnelle, il perd pratiquement tout contact avec le maître, comme avec ses pairs. Les techniques de redécouverte nous ont habitués aux classes dialoguées où le maître dirige et contrôle l'instruction des élèves. Tout dialogue est-il impossible ?

Certes, le dialogue de nos classes dites "actives" est

du dialogue
artificiel ...

illusoire. Il ressemble à certains dialogues platoniciens où le disciple se contente de ponctuer le discours du maître d'expressions approbatrices : "comme tu dis", "assurément", "tu as raison" (12). G. Leroy, pédagogue belge, dans un excellent petit livre (13), donne des exemples du dialogue en usage dans nos classes. Il montre que l'art du professeur consiste à poser des questions suffisamment précises -on les dit "fermées"- pour que l'élève réponde nécessairement ce qu'il attend. Quand un professeur de mathématiques dit : "j'écris a^2 et $a \times a$. Que représente a^2 ?" On ne peut que répondre : $a \times a$. Il existe, selon G. Leroy, quatre à cinq fois plus de questions étroites que de questions larges. Et d'ailleurs, même quand la question est en apparence ouverte, le professeur n'attend souvent qu'une réponse. Ainsi, ce maître qui demandait "la compression d'un gaz a lieu avec quoi ?" voulait qu'on réponde : "avec liquéfaction". Les élèves firent des réponses variées dont la moins logique n'était pas celle du garçon qui dit simplement : "avec une pompe" (14).

... à l'écoute de
la pensée des
élèves ...

Pourtant, ces critiques faites, il reste que le dialogue existe. Ne faut-il pas faire, pour le dialogue comme pour l'expérimentation et l'induction, les deux autres caractères de la méthode de redécouverte ? C'est-à-dire : les conserver en les améliorant notablement ?

Or, le dialogue, dans une véritable pédagogie de la découverte, aurait un rôle fondamental à jouer : permettre notamment l'expression des "représentations" des élèves. Les enseignants oublient que les enfants ne sont pas une cire vierge sur laquelle se marquent toutes les empreintes qu'on y inscrit. Depuis longtemps l'école de J. Piaget a montré que l'esprit des jeunes parcourt, **mutatis mutandis**, les grandes étapes de l'histoire de la pensée, des premières civilisations à la science contemporaine. Et cette méconnaissance introduit une équivoque fondamentale dans le dialogue maître-élève, car le second charge de relations affectives et représentations égocentriques ce que le premier exprime au niveau purement rationnel.

... pour
connaître leurs
représentations

Autrement dit, le but du dialogue devrait être de débarrasser l'esprit des enfants de ce que Bachelard a nommé les obstacles épistémologiques (15). Les enseignants croient former l'esprit de leurs élèves en le chargeant des résultats de la science. Mais ils ignorent que cet esprit est déjà plein de représentations préscientifiques, de conceptions magiques, de fantasmes qui l'encombrent. Pour l'en débarrasser, réalisons ce que Bachelard nomme une "psychanalyse de l'esprit objectif". Car le dialogue que nous proposons n'est pas essentiellement différent de celui qui s'établit entre le psychanalyste et son client.

Les lecteurs d'Aster sont assez familiers avec ces études pour que quelques exemples suffisent. Un exemple simple d'obstacle épistémologique est celui qui faisait confondre à C. Bernard l'oxy- et la carboxyhémoglobine. Le même obstacle -confusion de ce qui se ressemble- faisait placer, jusqu'à Linné, les Cétacés parmi les Poissons. Nos élèves qui se fient à de grossières analogies commettent de pareilles bourdes. A 11-12 ans, il leur est très difficile de dire si les serpents sont des Vertébrés tant ils les voient proches des vers. Il n'est pas sûr que l'apprentissage de la classification zoologique les débarrasse durablement de cette erreur.

l'histoire des sciences, témoin de l'histoire de la pensée, en biologie...

En physiologie, j'ai été surpris de rencontrer, chez des élèves de 17-18 ans, à propos du rôle de l'oxygène dans la respiration des tissus, des expressions du genre : l'organe est "régénéré" ou "assaini" ; on assiste au "renouvellement des cellules", ou encore : l'oxygène apporte "une énergie naturelle". La fonction de l'oxygène est manifestement valorisée, et transportée du plan rationnel à un plan quasi-moral : celui du sain et du malsain. Des idées vitalistes sous-tendent la représentation du banal phénomène d'oxydation cellulaire. L'oxygène n'est pas très éloigné, dans l'esprit des adolescents du XX^e siècle, du souffle vital des anciens.

... comme en géologie...

La géologie fournit aussi des exemples démonstratifs de ces résistances de l'esprit à concevoir les notions modernes. Les naturalistes du XVIII^e siècle croyaient que la topographie du globe ne s'était guère modifiée depuis son origine. Il est courant (Celsius, Maillet, Buffon...) de réduire l'histoire de la terre au retrait progressif d'un océan primitif qui recouvrait nos plus hautes montagnes. Or, beaucoup de jeunes ont cette même conception. Un garçon de 14 ans évoque le temps où "la mer recouvrait l'Europe" comme s'il s'agissait d'un événement unique qui avait précédé la formation des continents.

Et pour appuyer son affirmation, ajoute cette "preuve" qui montre qu'il ne soupçonne aucunement les changements de la topographie ; "regardez l'Alsace, dit-il, il y a du sel de potasse ; comme l'Alsace est plus haute que la région parisienne, on en déduit que si l'Alsace est recouverte, la région de Paris l'est aussi".

Raisonnement rigoureux, convaincant...pour autant qu'on admette la fixité du relief. Mais quand Celsius traçait des marques sur les rivages du golfe de Finlande, il était prisonnier du même postulat.

Chose plus curieuse et plus inquiétante : de semblables résistances se retrouvant chez des étudiants. Ils ont étudié les principes de la géologie...et sont fort capables de les réciter, mais qu'on pose les questions de façon un peu oblique, et les représentations préscientifiques resurgissent, les démons réapparaissent. Chaque années, en interrogeant des étudiants de 20 ans, j'en retrouve la manifestation.

Tous savent, bien sûr, que si des couches de terrains

la résistance des
représentations
préscientifiques

sont ondulées c'est qu'elles ont subi des déformations latérales (plissements). Et pourtant, lorsqu'on leur montre une telle déformation sous un jour un peu inhabituel on obtient des réponses du genre : "butte", "accumulation de sédiments", "butte-témoin", là ou il fallait voir un anticlinal. Autrement dit : la déformation des sédiments a été traduite par un simple entassement local. Nos étudiants, qui ont pourtant des connaissances de tectonique, raisonnent comme Buffon qui assimilait un synclinal à une cuvette sédimentaire.

Autre exemple, qui a trait aux mêmes étudiants. Leurs professeurs leur ont appris la dérive des continents et la formation des océans par ouverture de "rifts". Lorsqu'on les interroge sur cette question, ils expliqueront avec force détails comment s'est ouvert l'Atlantique, voilà plus de cent millions d'années. Mais si on leur offre un document montrant que telle région du plancher de l'océan était alors émergée, ils songent immédiatement à une régression marine...de plusieurs milliers de mètres. Sans voir qu'en réalité l'Atlantique n'existe pas. Or l'histoire de la géologie montre que si l'on a eu de la peine à imaginer des mouvements verticaux du sol (les changements de rivage étant attribués exclusivement aux variations de volume des eaux -cf. supra) on a encore plus difficilement reconnu les déplacements latéraux. Admettre que nos collines, nos vallées, et surtout nos montagnes n'ont pas existé de toute éternité est déjà difficile. Mais penser que nos continents ont pu se rapprocher ou s'éloigner, voilà qui dépassait l'entendement, il y a peu encore.

Tous ces exemples sont tirés de mon expérience personnelle. Chaque enseignant a pu faire les mêmes observations pour autant qu'il ait été un peu attentif à écouter ses élèves et un peu cultivé en histoire de sa discipline. Mais combien d'enseignants scientifiques ont eu la curiosité de connaître les rudiments de cette histoire ?

former les
enseignants à
l'histoire de
leur discipline...

La plupart ont le sentiment qu'ils y auraient perdu leur temps, et qu'il vaut mieux suivre les développements de la science contemporaine. Ils n'ont pas entièrement tort puisque l'histoire des sciences ne leur offre guère, actuellement, ce qui leur serait utile : une histoire des obstacles épistémologiques. L'histoire de la science, telle qu'elle est habituellement étudiée, est sans doute utile à l'étudiant. Elle risque d'être dangereuse pour le lycéen si elle doit encombrer son esprit de notions fausses. Vouloir enseigner la chimie de Stahl à des adolescents avant de les initier à la chimie pneumatique de Lavoisier serait imprudent. Et pourtant, le jeune ne garde-t-il pas longtemps à l'esprit l'idée qu'un corps qui brûle perd quelque chose qui se dissipe dans l'air ? Ne conserve-t-il pas la pensée que l'air et l'eau sont des éléments, et plus généralement qu'un corps naturel est plus simple qu'un produit de l'industrie ? Or ce sont là des obstacles qui ont

entravé la naissance de la chimie moderne.

Dégager, dans les résistances au progrès scientifique, ces paresseuses, ces lourdeurs de la pensée qu'on retrouve à chaque génération au cours de son apprentissage. Ces lenteurs de l'esprit qui lui fait confondre ce qui se ressemble et trouver simple ce qui est familier. Voici quelle pourrait être la tâche d'une histoire des obstacles. Mais il faudrait que l'historien s'assure la collaboration de psychogénééticiens et d'enseignants qui l'aideraient à détecter les mêmes obstacles dans la pensée des jeunes, afin de les mieux reconnaître.

... pour identifier
et vaincre les
obstacles
épistémologiques

Les obstacles identifiés, il faudrait inventer des solutions pour les vaincre. Car l'enseignant n'est pas un collectionneur d'obstacles. Certes, amener au niveau conscient chez le jeune, le complexe d'analogies, d'images fausses qui retardent son acquisition du savoir scientifique, serait déjà décisif. Les lourdeurs de la pensée sont d'autant plus actives qu'elle demeurent inconscientes. Cependant, l'histoire des sciences nous offre aussi un moyen de choix pour les vaincre en mettant en relief les voies du franchissement des obstacles. Ce que Bachelard a nommé les "actes épistémologiques" (16).

Je vais essayer d'en donner un exemple, à propos de la théorie cellulaire. La division cellulaire nous permet de comprendre comment on passe de la cellule unique qu'est l'oeuf à cet assemblage complexe de cellules qu'est être pluricellulaire. Or le mécanisme de cette division n'a été acquis que tardivement par rapport à l'élaboration de la théorie cellulaire. Longtemps, les biologistes ont conservé pour expliquer le développement de l'être les vieilles idées héritées du XVIII^e siècle. Vers 1830, on se demande si les cellules se forment par l'agrandissement d'un germe préexistant ou si les cellules nouvelles sont incorporées par l'alimentation et véhiculées par le sang. L'esprit paresseux préfère croire à la préexistence plutôt que d'expliquer la genèse des cellules (ou alors il évoque une mystérieuse organisation spontanée, à partir d'une matière homogène).

l'exemple de
la théorie
cellulaire

Mais à la même époque (1800-1840) on étudie activement les animaux "inférieurs" et on découvre notamment les colonies animales chez les Hydrozoaires, les Tuniciers,... Or l'organisme n'est au fond qu'une colonie de cellules et la multiplication cellulaire n'est pas très éloignée du bourgeonnement de la colonie à partir du polype initial. Dans le même temps, toujours, on s'aperçoit que les vers annelés (Annélides) se forment par bourgeonnement d'anneaux successifs à partir d'une larve indivise (17). Ces observations tellement plus aisées à faire que celle de la division cellulaire, n'ont-elles pas pu fournir un modèle à celle-là ? Ne constituent-elles pas la voie de l'acte épistémologique qui a vaincu l'obstacle du germe préexistant ? Ne pourraient-elles servir à faire

comprendre la division cellulaire à des jeunes ? Autant de questions dont l'étude aiderait à l'élaboration d'une nouvelle pédagogie des sciences.

nécessité d'une
réflexion
épistémologique

En se contentant de retourner la méthode traditionnelle, et en transformant l'expérience d'illustration en une pseudo-expérience de découverte, la pédagogie de la "redécouverte" a cru pouvoir réformer l'enseignement des sciences en faisant l'économie d'une réflexion méthodologique et épistémologique. Le résultat est décevant. On expérimente mais de façon toute artificielle, puisque les théories sont cachées dans les expériences, ... et introduites par contrebande. On suit la démarche de l'élève mais en lui soufflant ses réponses,...au point que certains professeurs inscrivent celles-ci à l'avance sur leurs notes de préparation de cours. Expérimentation et dialogue, l'un et l'autre vidés de substance, ont rendu suspect tout recours au livre. A l'heure où la télévision s'apprête à supplanter le livre, les enseignants en restent à l'ère "prégutenbergienne" !

et d'une formation
de chercheurs

Une vraie pédagogie de la découverte est indispensable, mais elle exigerait que les professeurs aient une formation de chercheurs. Comment initier des jeunes à la recherche expérimentale, si l'on n'a eu qu'une formation purement théorique ? Elle exigerait aussi que l'histoire des sciences leur vienne en aide en développant une histoire des obstacles épistémologiques. Puisque cette réunion donne à mes propos une audience internationale, c'est cet appel que je voudrais surtout faire entendre.

fortifier l'esprit
de recherche
précocément

Pour conclure sur une note modeste, je dirai que la pédagogie de la découverte devrait viser plus à **fortifier** qu'à **former** l'esprit de recherche. Car il n'est pas certain que le goût de l'investigation, l'intuition de l'hypothèse, le génie de l'expérience démonstrative soient entièrement formés par les exercices scolaires. Mon ami Evry Schatzman, astrophysicien français, écrivait récemment que pour former l'esprit scientifique "le contact précoce avec l'expérimentation est très important. Un très grand nombre d'expériences peut être mené par les enfants eux-mêmes". Après avoir cité quelques exemples, il ajoutait que "cela peut se dérouler dans le cadre scolaire mais aussi dans le cadre familial". Plus loin, d'ailleurs, il estimait que "l'esprit de recherche ne s'acquiert pas au contact d'un maître" car celui-ci "ne peut faire naître ni la curiosité, ni le goût de la découverte" (18).

et préserver
la curiosité

Pour ajouter une touche polémique, je dirais volontiers qu'on se contenterait que l'école préserve l'esprit de découverte, car bien souvent hélas, l'enseignement actuel stérilise la curiosité qui existe chez l'enfant. Que maîtres et parents favorisent l'épanouissement de cette curiosité, qu'ils les sollicitent à tous propos, et pas seulement à l'occasion des leçons de science.

La résolution d'énigmes policières ne favorise-t-elle pas

la maturation de l'esprit scientifique ? Certaines nouvelles d'Edgard Poë - je songe précisément au Double assassinat de la rue Morgue - appliquent exactement la démarche de la science à la résolution d'une recherche de criminel : observation pour trouver des indices, élaboration d'une hypothèse qui rompt avec le sens commun (lequel veut qu'un meurtrier soit un humain, alors qu'il s'agit, ici, d'un orang-outang), puis vérification de cette hypothèse (par l'intermédiaire d'une annonce). Et après tout, si l'on formait aussi l'esprit scientifique en lisant de bons romans policiers ?

Gabriel GOHAU
Lycée "Jeanson de Sailly"
Paris

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) RABELAIS. **Gargantua**. 1534.
- (2) R. BLANCHE. **L'induction scientifique et les lois naturelles**. Paris. 1975.
- (3) Charles BRUNHOLD. **Esquisse d'une pédagogie de la redécouverte dans l'enseignement des sciences**. Paris. 1948.
- (4) Gaston BACHELARD. **Le rationalisme appliqué**. Paris. PUF. 1949.
- (5) Rudolph CARNAP. "The aim of inductive logic", in NAGEL. SUPPES. TARSKI. **Logic, methodology and philosophy of science**. Stanford. 1962.
Carl HEMPEL. **Philosophy of natural science**. Englewood Cliffs. 1966.
- (6) Karl POPPER. **The logic of scientific discovery**. London. New-York. 1959.
- (7) Mirko Drazen GRMEK. **Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard**. Genève. 1973.
- (8) C. BOURGEOIS. "Utilisation du bleu de méthylène pour mettre en évidence les deshydrogénases respiratoires", **Bull. A.P.B.G.** 1966.
- (9) Nuffield A. LEVEL **Biological science** : en tout 14 volumes. Sur le travail indépendant : B.J.K. TRIKER et DOWDSWELL. **Projects in Biological sciences**.
- (10) Thomas KUHN. **The structure of scientific revolutions**. Chicago. 1962.
- (11) Nuffield junior science. L'accent est mis sur le "problem solving". "Le rôle de l'école n'est pas d'apprendre les résultats mais d'utiliser la démarche scientifique de recherche comme outil éducatif".
- (12) PLATON. **Premiers dialogues**, par exemple : **Premier Alcibiade**.

- (13) G. LEROY. **Le dialogue en éducation.** Paris. 1970.
- (14) G. LAZEGGES. **Techniques de la classe** Paris. 1959.
- (15) Gaston BACHELARD. **La formation de l'esprit scientifique** Paris. Vrin. 1938.
- (16) Gaston BACHELARD. **L'activité rationaliste de la physique contemporaine.** Paris. PUF. 1951.
- (17) Gabriel GOHAU. **Précurseurs français de la théorie cellulaire en botanique.** Congrès Soc. savantes. Paris. 1976.
Sur la préformation, on lira l'excellente communication de Jacques ROGER au cycle de conférences organisé par l'International School of History of Science en 1977 : "Deux processus de découverte...".
- (18) Every SCHATZMAN. "Peut-on former l'esprit scientifique". **Cahiers pédagogiques.** n° 141. 1976.
- (19) Edgard A. POE. **The murders in the rue Morgue.**

Tome 1

Petite
Collection
d'Histoire
des
Sciences

Karlsruher
TEC
&
WBOC

André Giordan
Daniel Raichvarg
Jean-Marc Drouin
Raul Gagliardi
Ana Maria Canay

288 p., 13 x 21, nombr. illustr., 135 F
ISBN : 2-85206-379-4

Introduction, où l'on voit que les découvertes n'en sont pas et que les faits sont moins évidents qu'on ne le dit.

1 - Histoire du champ conceptuel de respiration, où l'on voit l'évolution du sens d'une connaissance.

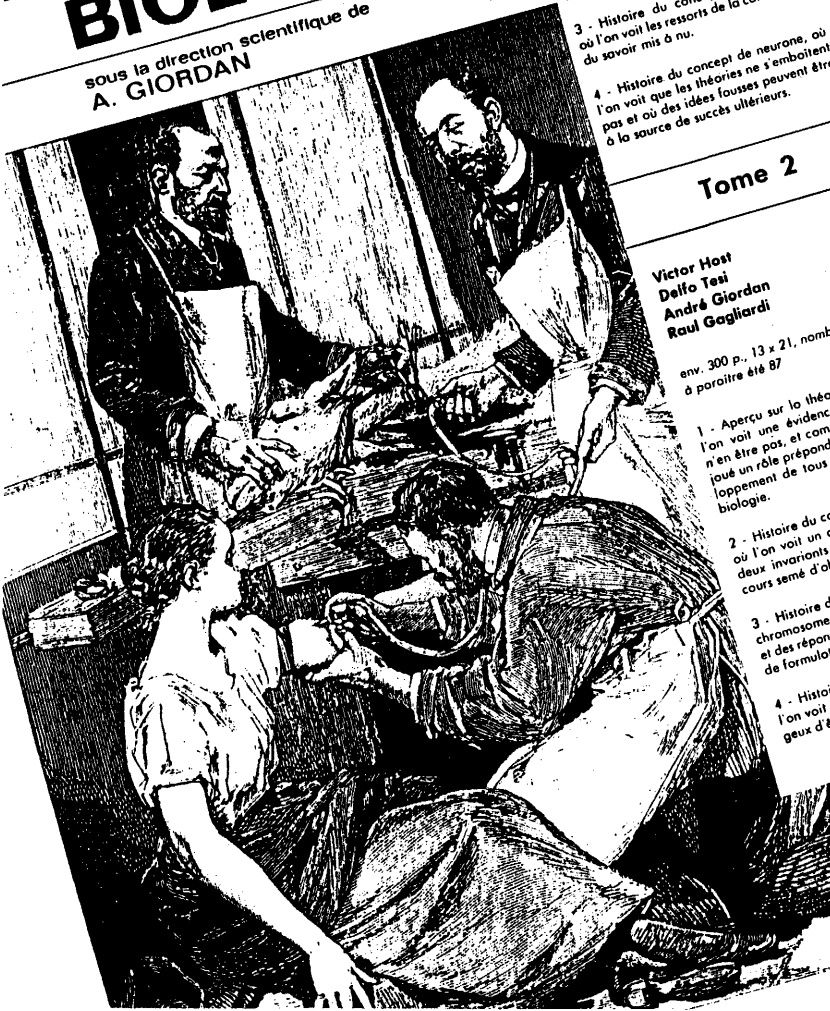
2 - Histoire du concept de microbe, où l'on voit un concept devenu coduc se différencier et s'imposer comme un dogme.

3 - Histoire du concept d'écosystème, où l'on voit les ressorts de la construction du savoir mis à nu.

4 - Histoire du concept de neurone, où l'on voit que les théories ne s'emballent pas et où des idées fausses peuvent être à la source de succès ultérieurs.

HISTOIRE DE LA BIOLOGIE

sous la direction scientifique de
A. GIORDAN



Tome 2

Victor Host
Delfo Tesi
André Giordan
Raul Gagliardi

env. 300 p., 13 x 21, nombr. illustr.
à paraître été 87

1 - Aperçu sur la théorie cellulaire, où l'on voit une évidence d'enseignement n'en être pas, et comment ce concept a joué un rôle prépondérant dans le développement de tous les domaines de la biologie.

2 - Histoire du concept de fécondation, où l'on voit un concept cheminer entre deux invariations culturelles, dans un cours semé d'obstacles.

3 - Histoire des concepts de gène et de chromosome, où l'on voit des questions et des réponses se succéder à des niveaux de formulation différents.

4 - Histoire de l'idée d'évolution, où l'on voit qu'il n'est pas toujours avantageux d'être en avance sur son temps.