

QUELQUES PROBLÈMES POSÉS PAR L'ÉVALUATION DES RAISONNEMENTS EN SCIENCE CHEZ LES ÉLÈVES

Michelle Dupont

Raisonnement déductif, hypothético-déductif, induction, à quelles étapes ces raisonnements interviennent-ils, au cours d'une démarche scientifique ? Quelles difficultés les enseignants rencontrent-ils quand ils veulent évaluer, chez leurs élèves, ces activités logiques ? Quels critères retenir ? À quelles difficultés les élèves se trouvent-ils confrontés, quant à eux, quand ils doivent mettre en œuvre ces raisonnements pour résoudre "un problème" ? En conclusion, ces activités logiques ne sont-elles pas tout particulièrement, du domaine de l'interdisciplinarité ?

Dans différents domaines de la connaissance biologique dont les mécanismes ne sont pas encore complètement élucidés, et surtout, dans certains cas, quand ces mécanismes commencent à peine à être entrevus, un biologiste est amené à se poser les questions suivantes :

- comment expliquer ce phénomène ?
- Quelle(s) est (sont) la (les) cause(s) déclenchante(s) ?
- Quels sont les mécanismes d'action mis en jeu ?

Pour essayer de répondre à ces questions, les communautés scientifiques de biologistes suivent une démarche, la démarche scientifique commune à de nombreuses autres communautés de chercheurs, dont on ne retiendra que les grandes étapes, même si, dans la pratique, le déroulement d'une recherche n'est pas toujours aussi linéaire.

Comment cette démarche est-elle présentée dans nos lycées et nos collèges ? Dans notre pays, l'enseignement de la biologie est resté longtemps de nature descriptive et dogmatique ; il a profondément évolué depuis une trentaine d'années : il s'est orienté vers un enseignement de la démarche scientifique et des raisonnements qui la sous-tendent. Des pratiques et des stratégies pédagogiques nouvelles, mises en place dans le cadre de structures diverses, ont vu le jour ; elles ont très souvent été analysées. Mais qu'en est-il de l'évaluation de ces apprentissages ? Quelles méthodes d'évaluation ? Quels résultats ?

Nous voudrions ici proposer seulement quelques réflexions portant sur certains des obstacles rencontrés par les élèves au cours des activités de raisonnement, et sur les difficultés spécifiques d'une évaluation dans ce domaine. Nous nous appuyerons pour cela sur deux exemples précis, une copie d'élève de classe de seconde (voir document 2) et un article paru dans le bulletin APBG n° 4 1988.

la démarche
scientifique :
quels
apprentissages ?
Quelle
évaluation ?

les raisonnements
ne sont pas
spécifiques des
disciplines
scientifiques

Si les étapes de la démarche scientifique sont communes aux disciplines scientifiques, les activités de raisonnement d'argumentation qui sous-tendent différents aspects de cette démarche scientifique ne sont pas, elles, spécifiques de ces domaines. Les règles de la logique sont générales et sont les mêmes quel que soit le domaine disciplinaire concerné qu'il soit scientifique, philosophique, littéraire, linguistique ou... Existe-t-il donc des activités de raisonnement spécifiques aux sciences ? A toutes les sciences, sciences pures et dures, sciences exactes, et "aux autres" non exactes ? Les sciences physiques, la chimie et la biologie sont des sciences. Mais, si on ne remet pas en cause la nature scientifique de certaines disciplines comme l'environnement, la géographie, les sciences humaines... on entend souvent dire que les différentes disciplines scientifiques ne mettent pas en oeuvre les mêmes activités de raisonnement. Pourquoi cette apparente contradiction ?

Une science n'est pas caractérisée par tel ou tel raisonnement, mais par l'importance prise par l'un d'entre eux, compte tenu de l'histoire de cette science, de son niveau de formalisation. En effet, si le collègue physicien, s'appuyant sur des lois, peut souvent, dans une situation donnée, anticiper avec certitude, certains événements, expliquer tel ou tel fait observé, par un modèle explicatif fiable, les collègues de biologie, ou de géographie ou d'économie, ne peuvent le faire que plus rarement. Leur enseignement accordera davantage de place aux méthodes d'observation, à la mise en place de corrélations, à l'élaboration de modèles. Il est vrai que le physicien peut lui aussi proposer des activités d'observation, aider à la construction de modèle, mais le poids des traditions est tel que les programmes restent souvent le fidèle reflet du niveau de formalisation atteint par la discipline au cours de son histoire, sans que rien ne vienne y faire contrepoids, et fasse prendre conscience aux élèves de l'unité de la démarche scientifique d'une part, et de la généralité de certaines activités de raisonnement d'autre part.

1. ANALYSE DE DEUX EXEMPLES

1.1. Une copie d'élève de classe de seconde

premier
exemple...

Cette copie (document 2) est une réponse à l'exercice présenté en document 1. Cet exercice a été proposé dans le cadre d'une recherche interdisciplinaire ministérielle (DLC 15), prolongeant les années de mise au point des objectifs de référence en classe de seconde. L'équipe d'enseignants engagée dans cette recherche depuis de nombreuses années, avait établi une chronologie et un calendrier très précis des différents apprentissages méthodologiques. Les deux premiers mois de l'année avaient été consacrés aux

différents langages nécessaires à une prise de données et à leur expression (lecture et réalisation de graphiques, de tableaux etc...). A partir du mois de novembre commençait l'apprentissage des raisonnements.

Pour pouvoir évaluer une éventuelle efficacité de ce travail d'apprentissage interdisciplinaire, il était indispensable d'établir, au préalable, les capacités de raisonnement des élèves à leur arrivée en classe de seconde. Un des deux objectifs de l'exercice proposé dans cette classe a donc été de faire le point sur la capacité des élèves à établir un raisonnement de type déductif, sollicité par la question "expliquer ces résultats" (avant tout apprentissage spécifique portant sur les raisonnements). Pour être certain que l'absence de connaissance ne vienne fausser la qualité de l'argumentation, tous les éléments du savoir indispensable à la réponse étaient donnés dans le texte. Les enseignants s'étaient, par ailleurs assurés que les élèves ne faisaient plus d'erreurs grossières dans la lecture d'un graphique.

une explication
donnée par un
élève de
seconde

Que révèle l'analyse de cette réponse ? Précisons que cette catégorie de copie fait partie des plus nombreuses !

L'élève sait indiscutablement lire des données, exprimer les résultats, mais ne les utilise pas pour un raisonnement. La mise en relation entre la lumière présente pendant la journée et la plus grande absorption du dioxyde de carbone n'est pas établie. Au lieu d'expliquer, l'élève "conclut" en paraphrasant la description des résultats, déjà parfaitement réalisée. Que signifiait le terme "expliquer" pour tous les élèves ayant fait la même réponse ?

1.2. L'article du bulletin de l'APBG

deuxième
exemple...

Intitulé "*Favoriser le développement du raisonnement scientifique*", cet article développe un certain nombre de points qui nous ont semblé souvent contestables. En renvoyant le lecteur à une lecture intégrale du texte, nous nous contenterons ici de citer quelques phrases, qui peuvent être autant de points d'interrogations.

un article
d'enseignants

"Partant du principe que le raisonnement scientifique est globalement unitaire sur le plan philosophique au moins...

L'objectif de la recherche est de faire prendre conscience aux élèves d'une classe de seconde que leurs professeurs de matières scientifiques utilisent des démarches communes sur le plan logique. Si les élèves ne semblent pas prendre conscience de cette unité actuellement, c'est essentiellement pour des raisons de pure forme et de terminologie ...

*Chaque fois que la démarche a été possible, nous sommes partis de **données** pour aboutir à la suite d'un **raisonnement** construit de façon unitaire soit à :*

- un théorème, en mathématiques
- une loi, en sciences physiques
- une conclusion, en sciences naturelles."

Document 1. Test de biologie

A la différence des animaux, les plantes vertes produisent leur matière organique à partir du dioxyde de carbone atmosphérique, de l'eau et des substances minérales contenues dans le sol : c'est la production primaire. Les mécanismes qui interviennent dans cette production sont nombreux ; nous nous intéresserons parmi eux, à ceux de la photosynthèse.

Le phénomène de photosynthèse se manifeste par une augmentation de masse de la plante (masse sèche), mais aussi par l'absorption d'un certain volume de dioxyde de carbone, ou le dégagement d'un certain volume de dioxygène. Ces mesures d'échanges gazeux sont faciles à réaliser.

On sait que de nombreux facteurs extérieurs influencent l'intensité de la photosynthèse, et en particulier :

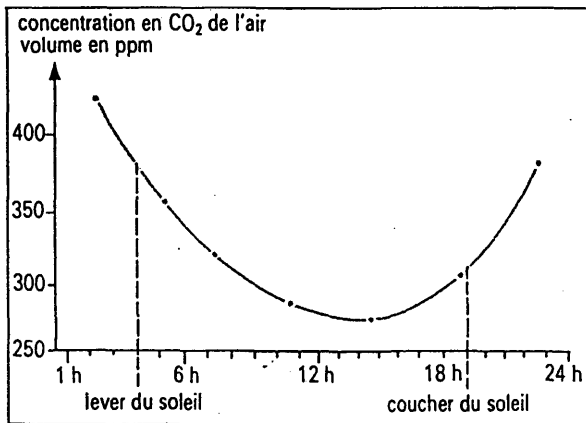
- la température ambiante
- la concentration de l'atmosphère en dioxyde de carbone
- l'intensité lumineuse.

On réalise l'expérimentation suivante : on mesure la concentration en dioxyde de carbone entre les feuilles des herbes d'un champ pendant 24 heures.

L'herbe mesure 85 cm de haut et les mesures sont faites à 40 cm au dessus du sol.

Les mesures sont faites en juillet à une époque où les températures nocturnes et diurnes présentent des différences négligeables.

Les résultats de ces mesures sont regroupés dans le graphique ci-contre.



QUESTION

En utilisant toutes les informations contenues dans le texte, expliquez les résultats obtenus.

Document 2. Copie d'élève

2^{nde} 6.

Biologie.

Situations expérimentales : On mesure la concentration en CO_2 entre les feuilles des herbes d'un champ pendant 24 h. L'herbe mesure 85 cm de haut et les mesures sont faites à 40 cm du sol. Les mesures sont faites en juillet où les températures nocturnes et diurnes présente des différences négligeables.

Résultat : la plus grande concentration de CO_2 se fait la nuit à partir de 14h45 et ce jusqu'à 2h15. La plus faible concentration est naturellement le jour mais plus précisément vers 14h30. La concentration est décroissante de : 2h jusqu'à 14h15. La concentration est croissante de : 14h45 jusqu'à 2h15. La concentration est à son maximum à 2h du malin et à son minimum à 14h45.

Conclusion : C'est la nuit que les plantes absorbent le moins de dioxyde de carbone. Et c'est le jour qu'elle absorbe le plus de dioxyde carbonne et rejette le plus d'oxygène.

existe-t-il UN
raisonnement
scientifique ?

Ces quelques lignes extraites de l'introduction font immédiatement s'interroger sur :

- N'y a-t-il qu'un raisonnement scientifique ?
- Quelle différence entre raisonnement et démarche ?
- Peut-on **aboutir** à un théorème, à une loi ? Dans quel cas ?
- Peut-on assimiler conclusion, loi et théorème ?

2. LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

la démarche
scientifique,
succession
d'étapes...

Toute l'histoire des sciences montre que, de tout temps, des esprits curieux se sont posé des questions sur le monde réel qui les entourait, ont recherché les lois et les mécanismes qui le régissaient. C'est dans la façon de répondre à ces questionnements qu'on peut définir les caractéristiques de la démarche scientifique. Les réponses ne sont pas données, a priori, en référence à un système de pensée philosophique ou religieux, mais en élaborant un système explicatif ne prenant en compte que l'analyse du réel, système explicatif qui doit par ailleurs résister au plus grand nombre possible de confrontations à la réalité, confrontations qui sont imaginées puis mises en place par le chercheur en fonction des possibilités techniques du moment.

Mais la mise en place de cet état d'esprit ne s'est pas faite facilement. La nécessité de confronter une réponse à la réalité du monde, de prendre le réel comme seule référence, n'a pas toujours été une évidence de la pensée. La phrase de Galilée *"et pourtant elle tourne,"* est exemplaire à ce sujet.

Quelles sont donc les caractéristiques d'une démarche scientifique ?

qui cherche à
répondre à une
question, face au
réel

Sans vouloir figer le travail de recherche scientifique dans un cadre étroit et schématique, ou le réduire à une succession, linéaire ou non, d'étapes bien délimitées, on y retrouve toujours un certain nombre de moments privilégiés où sont présents des raisonnements spécifiques. Dans toute recherche, quel que soit le domaine disciplinaire concerné, on retrouve ainsi un certain nombre de raisonnements communs.

2.1. Propositions hypothétiques

un problème est
posé

A une question nouvelle, et après une analyse approfondie du domaine concerné, un scientifique va d'abord essayer de formuler des propositions hypothétiques. Compte tenu des spécificités du domaine scientifique concerné, et du niveau des connaissances sur le sujet, ces propositions hypothétiques peuvent être de natures diverses ; il peut s'agir :

- d'un éventuel facteur causal, pouvant influencer un phénomène ;
- d'un mécanisme d'action d'un facteur dont l'influence a déjà été reconnue ;

des hypothèses
sont proposées...

- de l'élaboration d'un modèle explicatif d'interactions, modèle qui peut être plus ou moins précis ; dans ce cas, pour être conservé, le modèle élaboré devra avoir fait la preuve d'une certaine fiabilité, c'est-à-dire d'une certaine capacité de prédiction : on parle de modèle prédictif.

Le choix de ces hypothèses, la conception de ces modèles, échappent à des règles strictes de pensée ou de raisonnement. Cela suppose un travail préalable important d'observations, de mesures statistiques, ... Toutes ces études originales peuvent alors aboutir, par des raisonnements d'induction ou d'analogie, à la mise en évidence de corrélations nouvelles, à de nouvelles relations, c'est-à-dire à des propositions hypothétiques.

2.2. Confrontation de ces propositions au réel observable

Quelles doivent être les qualités de ces hypothèses et de ces modèles pour que ces propositions nouvelles soient recevables, acceptables par le chercheur ?

Il faut avant tout qu'elles soient suffisamment fiables, c'est-à-dire qu'un facteur provoque toujours le même effet dans des conditions données, ou que, dans une situation nouvelle, un modèle permette d'établir, sans risque d'erreur grossière, des anticipations dont le degré de précision dépendra bien sûr de celui du modèle. Pour tester la fiabilité de ces hypothèses, pour les valider, les scientifiques vont alors les soumettre à l'épreuve de la réalité. Pour cela, ils vont d'une part, anticiper les conséquences observables de leurs propositions, d'autre part, mettre en place les réalisations expérimentales susceptibles de les mettre à l'épreuve. Il va sans dire, que ces deux activités sont intimement mêlées.

• Anticipation d'effets observables et/ou mesurables

elles permettent
d'anticiper
certains
événements

Dans le cadre d'une situation nouvelle qu'ils imaginent, les chercheurs établissent des prédictions de faits qu'on devrait pouvoir observer, ou mesurer, si l'hypothèse est acceptable, ou si le modèle est fiable. C'est-à-dire qu'ils anticipent les effets et les résultats qu'on devrait obtenir, en raisonnant, dans ce cas, par une stricte logique de déduction, en admettant comme "vrai", momentanément, l'hypothèse ou le modèle :

- on admet que ... (énoncé de l'hypothèse comme règle générale vraie),
- donc dans de telles conditions expérimentales... (elles sont définies), on devrait obtenir tel ou tel phénomène, telle ou telle valeur pour cette grandeur, tel ou tel effet...

choix des
expérimentations
les plus
pertinentes

- Réalisations des expérimentations-tests et recueil des résultats

Les chercheurs réalisent alors les diverses expérimentations envisagées au cours des anticipations théoriques.

L'enregistrement et l'analyse des résultats obtenus sont des facteurs extrêmement importants ; la finesse des observations qualitatives, la précision des mesures, mais aussi leur degré de relativité sont essentiels pour une analyse correcte des résultats (tableaux, graphiques, histogrammes...).

Il est sans doute artificiel de séparer ce moment de l'expérimentation, du précédent, mais cela permet de mettre en relief toute l'importance du choix de l'expérimentation. Ce choix dépend avant tout de l'imagination du chercheur, de l'originalité des situations expérimentales retenues, des avancées dans les autres disciplines et en particulier des niveaux technologiques de l'époque : la poursuite de la recherche dépendra de ces résultats.

Il est important de faire remarquer que toutes les expérimentations envisageables ne sont pas toujours réalisables ! C'est le cas en géologie et en environnement par exemple, ou alors, pour des raisons d'ordre éthique, en physiologie humaine ou en psychologie. Des méthodes autres que celles de l'intervention expérimentale sont alors utilisées.

- Confrontation des résultats expérimentaux aux conséquences prévues

Deux cas peuvent alors se présenter.

- Premier cas

résultats non
conformes : on
rejette
l'hypothèse

Les **résultats** expérimentaux obtenus sont **contraires aux prédictions** (c'est-à-dire non conformes aux prédictions) : il n'y a aucune ambiguïté, on a **prouvé** que l'**hypothèse** était **faussee**, que le modèle n'était pas adapté, bref que la proposition est à rejeter, à modifier ou à compléter.

Il arrive que des expérimentations ultérieures montrent que, en réalité, l'hypothèse était acceptable, et que seule la **conséquence observable** était à rejeter. Mais, cela ne remet pas en cause la rigueur du raisonnement ! Si la conséquence observable est à rejeter, c'est que l'implication qui la déterminait était elle-même mal formulée ou reposait, par exemple, sur une hypothèse supplémentaire implicite.

- Deuxième cas

résultats
conformes : on
ne fait que
garder
l'hypothèse

Les **résultats** expérimentaux obtenus sont **conformes aux prédictions**. Là, réside une difficulté : en effet cela ne veut pas dire que l'hypothèse est vraie, ou que le modèle reflète bien la réalité des mécanismes intervenant dans le phénomène étudié. **Rien** n'a été **prouvé**.

Les scientifiques se contentent de dire que l'**hypothèse** est **validée** par l'expérience, que le modèle est acceptable, dans telles et telles conditions, à telle date, etc... mais il n'y a aucune certitude, aucune preuve.

Les scientifiques continuent à expérimenter, c'est-à-dire continuent à imaginer de nouvelles situations et savent que cette hypothèse ou que ce modèle peuvent être rejetés ou modifiés à plus ou moins long terme ! C'est le cas, par exemple, de différents modèles en cours actuellement pour envisager l'évolution de notre environnement ou de la biosphère : teneur en CO₂, fonte des glaces...

2.3. Dernière étape

domaine de validité d'un modèle

Il est difficile de qualifier cette étape qui n'est que transitoire dans l'histoire des sciences. En effet, à un instant de l'histoire de la communauté scientifique, une hypothèse donnée, un modèle affiné, semble avoir "résisté" à toutes les expérimentations possibles : les différents chercheurs ne sont pas arrivés à les rejeter ; les prédictions qu'ils permettent d'établir sont fiables à une échelle donnée. Dans ce cas, ces modèles, ces mécanismes, qui ont une valeur explicative et prédictive fiable, sont admis comme provisoirement "**vrais**". Ils deviennent des "lois", mais seulement dans des domaines de validité déterminés ceux où ont eu lieu les expérimentations.

Aucune généralisation, aucune extension à d'autres échelles n'est acceptable !

2.4. Démarche et raisonnements

Nous avons déjà dit que la logique n'était pas l'apanage des activités scientifiques. Mais il est difficile de proposer une réflexion sur les obstacles que rencontrent les élèves dans leurs raisonnements en sciences, et sur les difficultés qu'il y a à évaluer avec quelque rigueur leurs capacités intellectuelles dans ce domaine, à repérer avec méthode quelques-unes de leurs erreurs, sans situer ces raisonnements au sein de la démarche scientifique.

En retenant donc le terme de **démarche scientifique** pour l'**ensemble des activités** permettant l'élaboration de propositions nouvelles et leur confrontation au réel, nous gardons le terme de **raisonnement** pour l'**une des activités logiques** qui sous-tend telle ou telle étape de cette démarche.

Trois types de raisonnement sont particulièrement utilisés.

trois types de raisonnement

- Le **raisonnement catégorico-déductif** qui permet la mise en oeuvre d'un modèle fiable, qui permet des activités d'anticipation certaines.
- Le **raisonnement hypothético-déductif** (test d'hypothèse) indispensable à toute expérimentation cherchant la validité d'un modèle, son degré de fiabilité.
- L'**induction** intervenant dans toute élaboration de modèles nouveaux, ou dans l'amélioration de modèles déjà existants.

Qu'en disent les logiciens ?

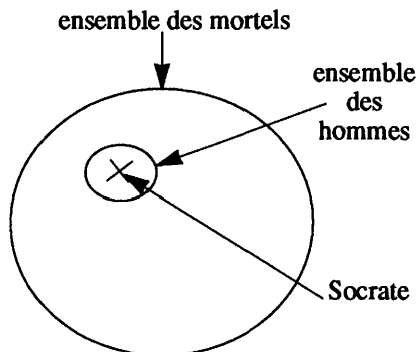
3. RAISONNEMENT DÉDUCTIF

C'est le raisonnement mis en oeuvre par tout un chacun, qui applique une règle générale à un cas particulier, qui anticipe les effets provoqués par une cause. Mais les règles de la logique sont strictes et le simple maniement du vocabulaire à mettre en oeuvre est une source importante d'erreurs.

3.1. Logique classique (Aristote)

Elle est symbolisée par le syllogisme déductif bien connu :

<i>Tous les hommes sont mortels</i>	(règle générale)
<i>Or Socrate est un homme</i>	(cas particulier)
<i>Donc Socrate est mortel</i>	(conclusion)



le sophisme :
"seuls" ne signifie
pas "tous"

Une des difficultés de l'application de ce type de syllogisme réside dans l'emploi du mot "**tous**". Pris dans un sens différent, celui de "**seuls**", cette formulation conduit au sophisme.

Dire, par exemple :

<i>Tous les hommes sont mortels</i>
<i>Or Socrate est mortel</i>
<i>Donc Socrate est un homme</i>

n'est pas un syllogisme déductif. Pour que la conclusion soit valide, il faudrait que "**seuls**" les hommes soient mortels, ce qui n'est pas le cas.

3.2. Logique moderne, logique symbolique

Formelle comme la logique classique, cette logique se caractérise par son symbolisme. Mais elle met aussi l'accent sur la différence essentielle qui existe entre la validité d'un raisonnement et la vérité d'une proposition.

- Validité d'un raisonnement et vérité d'une proposition

Dans l'introduction de son ouvrage, "Logique moderne", J.B. Grize définit très bien, à partir de deux exemples, la distinction fondamentale qui existe entre contenu d'une proposition et forme du raisonnement.

Raisonnement 1 :

*Si les souris sont des hommes
et si les hommes ont des plumes
alors les souris ont des plumes.*

Raisonnement 2 :

*Si les souris sont des vertébrés
et si les mammifères sont des vertébrés,
alors les souris sont des mammifères.*

Grize analyse ainsi ces deux exemples :

la conclusion
peut être vraie et
le raisonnement
faux

"La conclusion du premier raisonnement est une proposition fautive en ce sens que la zoologie contredit l'affirmation que les souris ont des plumes. En revanche, la conclusion du second raisonnement est vraie, les souris sont, en effet, des mammifères. Toutefois le raisonnement 1 est correct et le raisonnement 2 ne l'est pas. Si tous les A sont B et si tous les B sont C, on peut toujours affirmer que tous les A sont C. Mais si tous les A sont C et si tous les B sont C, on ne peut garantir, en général que tous les A sont B.

Ainsi faut-il distinguer la vérité d'une proposition ... et la validité ou la correction d'un raisonnement qui est une question de pure logique. "

- Les symboles

Un raisonnement est décomposé en propositions, symbolisées par des lettres *p, q, m...* reliées par des liaisons logiques ou connecteurs logiques.

Comme l'écrit M.L. Roure dans le chapitre 2 de son ouvrage "Eléments de logique contemporaine", "cette logique (logique des propositions) n'a pas à connaître quelle est, en fait, la valeur de vérité des propositions dont elle s'occupe ; il lui suffit de savoir que chacune d'elles peut être vraie ou fautive et ne peut être que vraie ou fautive".

Ainsi, pour déterminer les formes de raisonnements valides, quelle que soit la valeur de vérité des propositions qui les composent, les logiciens modernes ont mis au point plusieurs méthodes : parmi elles, celle des fonctions de vérité est la plus simple ; c'est la seule que nous utiliserons ici.

- Les fonctions de vérité

Nous citerons à nouveau M.L. Roure : "cette méthode consiste à déterminer la valeur de vérité d'une proposition complexe à partir de celle des propositions-arguments, compte tenu de la nature de leur opérateur, c'est-à-dire du lien logique qui les relie".

les connecteurs,
liens logiques...

Soit les deux propositions élémentaires "il pleut" et "il fait froid" (exemples empruntés à l'ouvrage de R. Blanché "Introduction à la logique contemporaine"). Ces deux propositions peuvent être combinées en une seule proposition complexe de diverses manières selon le lien logique qui les associera. Ces liens sont des **connecteurs** (on dit aussi **opérateurs**).

Trois connecteurs ont un rôle important .

L'opérateur **ET** qui exprime la **conjonction** ; la proposition complexe qui en résulte (*il pleut et il fait froid*) n'est vraie que si les deux propositions élémentaires sont vraies.

Le connecteur **OU** qui exprime la **disjonction** ; la proposition complexe qui en résulte (*il pleut ou il fait froid*) n'est fausse que si les deux propositions élémentaires sont fausses toutes les deux.

Le connecteur **SI ... ALORS** qui exprime l'**implication** ; la proposition complexe (*s'il pleut alors il fait froid*) n'est fausse que si la première proposition (antécédent) est vraie et la deuxième (le conséquent) est fausse.

p	q	$p \cdot q$
v	v	v
v	f	f
f	v	f
f	f	f

Conjonction

p	q	$p \vee q$
v	v	v
v	f	f
f	v	v
f	f	f

Disjonction

p	q	$p \supset q$
v	v	v
v	f	f
f	v	v
f	f	v

Implication

associant des
propositions
élémentaires en
une proposition
complexe

La valeur de vérité des propositions complexes formées par ces connecteurs dépend ainsi de la valeur de vérité de chacune des propositions élémentaires selon des règles strictes. Le symbolisme \bar{p} (qui se lit "non p") exprime la **négation**, "NON" n'est pas un connecteur puisqu'il ne relie pas deux propositions élémentaires, mais un opérateur qui agit sur une seule proposition ; la fonction de négation a toujours une fonction de vérité opposée à celle de la proposition initiale.

3.3. Mise en oeuvre du raisonnement déductif

L'implication est une des formes de la logique contemporaine qui sert de fondement à la déduction. Avec le symbolisme que nous venons d'exposer, ce raisonnement peut s'écrire de deux façons différentes, mais ayant même signification :

Si p alors q	ce qui peut s'écrire aussi :	$p \supset q$
il y a p	ce qui peut s'écrire aussi :	p
donc il y aura q	ce qui peut s'écrire aussi :	q

déduction,
modèle,
explication,
anticipation

On utilise ce raisonnement dans le cadre de l'application d'une règle, d'une loi, à une situation donnée. Dans ce cas la proposition p n'est pas une hypothèse. On est certain que selon la règle donnée par p , q se produira.

Ce type d'implication est mis en oeuvre chaque fois qu'une loi, qu'un modèle fiable, permet d'expliquer un résultat expérimental, d'anticiper les résultats d'une action, dans une situation expérimentale définie (modèle prédictif).

Par exemple, dans un circuit électrique contenant une ampoule électrique, correctement monté et où tous les éléments sont en état de marche :

*si on ferme le circuit
alors l'ampoule s'allumera (d'après la règle...).*

Au contraire, si dans ce circuit on introduit un élément non conducteur, alors l'ampoule ne s'allumera pas, même si le circuit est fermé (d'après la même règle). La formulation de la règle à appliquer, dépend bien sûr du niveau de l'élève.

4. RAISONNEMENT HYPOTHÉTIQUE-DÉDUCTIF

4.1. Deux étapes caractérisent ce type de raisonnement

- Première étape

On établit une implication de même type que la précédente.

Il s'agit d'une proposition conditionnelle où l'antécédent p est cette fois hypothétique. Mais ce statut hypothétique ne modifie en rien la valeur de la proposition complexe si p alors q .

S'appuyant sur cette implication, le scientifique recherche diverses situations expérimentales permettant d'établir p et il analyse les résultats pour les confronter au conséquent q théorique : cette confrontation est la deuxième étape.

- Deuxième étape

On confronte les résultats expérimentaux et le conséquent q de l'implication. Deux cas sont possibles.

- **Les résultats sont conformes à q .**

On ne peut rien dire ! Rien n'est prouvé !

La relation d'implication n'est pas réciproque, et q n'implique pas p . Ces confrontations ne sont quand même pas inutiles. L'augmentation du nombre de résultats conformes à une implication, quand on multiplie les situations expérimentales, augmente la probabilité de l'hypothèse. On dit que de nouveaux résultats valident, confortent l'hypothèse.

La difficulté de l'emploi de l'implication réside dans le fait qu'il ne s'agit pas d'une relation réciproque. La certitude

une relation
d'implication
n'est pas une
relation
d'équivalence

d'avoir q quand on a p , n'implique nullement celle d'avoir p quand on a q . La confusion est fréquente entre implication et équivalence.

En effet, l'implication $p \supset q$ permet d'établir q quand on a p , elle ne permet nullement d'établir p quand on a q .

Au contraire, une relation d'équivalence permet d'établir à la fois que $p \supset q$ et $q \supset p$, ce qui s'écrit $p \Leftrightarrow q$

Nous abordons là le problème de la recherche des causes.

Reprenons l'exemple précédent : si on ferme le circuit, alors l'ampoule s'allumera (tous les éléments ont été testés). Dans une autre situation, au contraire, où tous les constituants et les contacts n'auraient pas été testés, si l'ampoule ne s'allume pas, alors rien ne prouve que le circuit ne soit pas fermé. L'ampoule peut être défectueuse, ou un contact mal établi.

- **Les résultats ne sont pas conformes à q .**

On rejette l'hypothèse

Le raisonnement est rigoureux et sans appel. Quelle que soit la valeur de vérité des propositions élémentaires, l'ensemble des opérations logiques qui donne un rejet d'hypothèse est une tautologie, c'est-à-dire un ensemble vrai dans tous les cas (voir document 3).

4.2. Analyse d'un exemple en biologie

Cherchant à connaître les facteurs conditionnant la germination d'une graine, on peut poser comme implication hypothétique préliminaire :

dans un milieu contenant l'eau et tous les éléments nutritifs nécessaires à la germination des graines

s'il y a de la lumière, alors les graines germent.

Si p alors q

Plusieurs expérimentations sont alors possibles.

On établit p et on obtient q bien sûr ! (les graines germent).

Mais on n'a pas prouvé que les graines avaient besoin de lumière pour germer !

Mais si, par contre, on pose une autre implication initiale telle que :

si on supprime la lumière, alors les graines ne germent pas.

Si \bar{p} alors \bar{q}

Dans ce cas, l'expérimentation mise en place avec \bar{p} donne des résultats q (les graines germent toujours) non conformes cette fois au conséquent prévu. On rejette l'hypothèse.

Document 3. Le rejet d'hypothèse est une tautologie

On peut résumer le raisonnement hypothético-déductif, dans le cas du rejet de l'hypothèse mise à l'épreuve, par la formule suivante :

$$[(\bar{p} \supset \bar{q}) \cdot (\bar{p} \cdot q)] \supset \overline{\bar{p} \supset \bar{q}}$$

implication hypothétique expérimentation implique négation (rejet) de l'hypothèse
 ↑
 confrontation

On analyse successivement la valeur de vérité de chaque composant, en envisageant tous les cas possibles :

1. Implication hypothétique :

\bar{p}	\bar{q}	$(\bar{p} \supset \bar{q})$
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	V

2. Expérimentation :

\bar{p}	\bar{q}	$(\bar{p} \cdot q)$
V	F	F
V	V	V
F	F	F
F	V	F

3. Confrontation :

$(\bar{p} \supset \bar{q})$	$(\bar{p} \cdot q)$	$(\bar{p} \supset \bar{q}) \cdot (\bar{p} \cdot q)$
V	F	F
F	V	F
V	F	F
V	F	F

ce qui revient au même que de dire :

4. Tautologie :

$[(\bar{p} \supset \bar{q}) \cdot (\bar{p} \cdot q)]$	$\overline{\bar{p} \supset \bar{q}}$	$[(\quad) \cdot (\quad)] (\quad)$
F	F	V
F	V	V
F	F	V
F	F	V

① négation de ①

Remarque : Le raisonnement par l'absurde des mathématiciens est un raisonnement de ce genre. En effet les mathématiciens considèrent dans ce cas, comme dans tous leurs raisonnements, que l'hypothèse est vraie au départ. Le déroulement de la démonstration les conduit à une conséquence qui est fautive. Ils rejettent donc cette hypothèse.

4.3. Amélioration d'un modèle

Il n'est pas toujours possible d'avoir des interventions expérimentales, particulièrement dans certains domaines (géologie, environnement, physiologie...) mais le principe du test d'hypothèse reste identique.

Dans ces domaines, on élabore un modèle, forcément réducteur dans un premier temps, et on anticipe des résultats. Ces anticipations sont alors confrontées à des situations naturelles exceptionnelles (catastrophe par exemple) ; le modèle est soit abandonné, soit conservé et amélioré.

5. L'INDUCTION ET LE RAISONNEMENT PAR ANALOGIE

5.1. L'induction

l'induction permet l'élaboration de nouveaux modèles

Elle est souvent considérée comme une activité mentale opposée à la déduction, permettant de "remonter" des faits, ou des cas particuliers à une règle générale. Mais, alors que la déduction, qu'elle soit classique ou contemporaine, obéit toujours à des règles strictes, une induction n'est pas une activité mentale codifiée ! L'histoire des sciences abonde en exemples montrant l'extrême diversité des démarches qui ont abouti à la construction d'un modèle nouveau, à l'idée d'une influence nouvelle... : analyse de banques de données, études statistiques, mise en évidence de corrélations, ... autant de chemins qui conduisent à de nouvelles propositions.

Le risque majeur dans ce cas, est la généralisation abusive. La notion de "limite de validité" du modèle proposé est fondamentale :

- limites dues aux conditions expérimentales,
- limites dues à l'échelle (échelle macroscopique des études phénoménologiques, échelle cellulaire ou infracellulaire, voire moléculaire des mécanismes envisagés).

5.2. Le raisonnement par analogie

un raisonnement par analogie repose sur des activités de comparaison

Il consiste à utiliser un modèle fiable et reconnu pour un domaine donné, dans un domaine de connaissance tout à fait différent. Nous n'insisterons pas sur les difficultés à mettre en oeuvre ce type d'activité, qui repose essentiellement sur une mise en correspondance étroite, point par point, des deux domaines concernés. Il s'agit donc d'une activité de comparaison. Si les correspondances entre les divers éléments des deux modèles sont correctement établies, il n'y a plus ensuite qu'un strict raisonnement de déduction qui s'effectue dans le nouveau domaine. On a conçu, par analogie, un modèle hypothétique, qu'il reste alors à mettre à l'épreuve de la réalité.

6. ANALYSE DE QUELQUES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES PAR LES ÉLÈVES ET LES ENSEIGNANTS

d'où peuvent venir les erreurs rencontrées dans les copies ?

Tous les enseignants en sciences sont confrontés aux difficultés que rencontrent les élèves quand ceux-ci doivent résoudre un "problème" en sciences expérimentales.

On peut s'interroger sur l'**origine de ces difficultés** qui sont révélées par des "erreurs" de raisonnement rencontrées dans les copies.

- Sont-elles de nature épistémologique, c'est-à-dire liées à la discipline, à son degré de formalisation, de modélisation du domaine scientifique concerné, (nous nous limiterons, dans ce cas au seul domaine de la biologie) ?
- Sont-elles de nature pédagogique, c'est-à-dire liées à l'instrument d'évaluation, c'est-à-dire au contenu, à la forme du problème, au libellé des questions ?
S'agit-il de difficultés liées aux stratégies d'apprentissage des "méthodes" de résolution de problème, quand elles existent, ou bien à l'absence d'un apprentissage spécifique de cette activité ?
- Ces erreurs sont-elles réellement des difficultés que rencontrent les élèves dans la mise en oeuvre des différents raisonnements, ou bien ne sont-elles que des artefacts liés aux instruments d'évaluation et surtout aux méthodes utilisées, en particulier aux grilles d'analyse ?

Mais, comme préalable à toute cette réflexion, il faut poser la question, "qu'est-ce qu'évaluer ?" Nous traiterons donc d'abord des difficultés rencontrées par les enseignants dans l'acte d'évaluation des réponses d'élèves, quand il s'agit de centrer cette évaluation sur la seule activité logique. Puis nous envisagerons quelques origines possibles des erreurs rencontrées chez les élèves, d'ordre pédagogique et d'ordre épistémologique.

6.1. Difficultés liées à l'évaluation

Est-il possible d'évaluer une capacité de raisonnement, une activité intellectuelle de logique, sans risque d'interférence avec le contenu scientifique, le savoir à traiter ? Nous voudrions d'abord expliciter ce que nous entendons par "évaluer".

• Qu'est-ce qu'évaluer ?

Nous reprenons pour cela la thèse développée par J.M. Barbier dans son ouvrage "*L'évaluation en formation*". Pour cet auteur l'évaluation ne doit porter que sur un contenu qui a fait l'objet d'un apprentissage. Il est donc fondamental de distinguer un acte d'évaluation, d'un test diagnostic.

un acte
d'évaluation est
postérieur à un
apprentissage

- Un test diagnostique permet de repérer chez des élèves, telle ou telle connaissance, telle ou telle activité avant tout acte d'apprentissage. Ce test essaie de faire le point sur le "niveau" que possèdent les élèves dans un domaine donné, sur telle ou telle capacité. C'est le cas de l'exercice présenté dans la première partie.
- Un acte d'évaluation, au contraire, permet à l'enseignant de vérifier le degré d'acquisition par l'élève d'une connaissance, d'une méthode, d'un raisonnement, bref d'un savoir qui vient de faire l'objet d'un ou de plusieurs apprentissages. Cet acte d'évaluation est donc pour l'enseignant un moyen d'évaluer si l'objectif pédagogique fixé est atteint, complètement, partiellement, ou pas du tout. Cette même évaluation est l'occasion, pour l'élève de mettre en oeuvre une capacité nouvelle et donc, de faire le point sur une nouvelle acquisition.

Mais, dans notre enseignement, a-t-on réellement une tradition d'apprentissage des activités intellectuelles de raisonnement indépendamment d'un contenu scientifique ? Est-ce réaliste ? Est-ce souhaitable ? Nous ne traiterons pas ici de ce problème aigu. Il est évident qu'il ne peut être dissocié de l'acte d'évaluation.

• Quel instrument d'évaluation ?

évaluer c'est
d'abord fixer une
liste de critères
de réussite

Qu'il s'agisse d'un test diagnostique, ou d'un acte d'évaluation, comment repérer les "erreurs" ? Comment porter un jugement ? Quelle grille d'analyse utiliser ? Nous reprendrons à nouveau les positions de J.M. Barbier.

"Evaluer une production, c'est produire un jugement de valeur sur cette production selon une échelle de valeurs qui comporte obligatoirement au moins deux positions".

"L'évaluation peut être globale ou synthétique, ou encore analytique quand les indications sont données sur les différents critères en fonction desquels la production a été jugée".

En nous référant à ces points de vue, comment juger d'une capacité de "déduire" ou encore d'établir un raisonnement hypothético-déductif ? Quels critères de réussite retenir ? Voici un essai de grille d'analyse (document 4) mise au point par l'équipe interdisciplinaire du lycée F. Villon, pour le raisonnement déductif, ce qui peut correspondre pour un élève à une activité "expliquer" du texte diagnostique présenté dans le document 1.

Document 4. Grille d'analyse d'un raisonnement déductif

	Prise en compte des données pertinentes REPÉRER			Démarche		Autres
	<u>le consé- quent</u>	<u>lien logique</u>	<u>les condi- tions de départ</u>	<u>argumenta- tion</u>	<u>expression</u> vocabulaire syntaxe	
ÉLÈVES	- conclu- sion - résultat - situation finale - l'effet	- la cause - le théo- rème - la loi	- hypothèse mathéma- tique - condition expéri- mentale - situation initiale	enchaîner les 3 don- nées	correct incorrect	

6.2. Difficultés de nature pédagogique

Nous n'aborderons pas ici l'analyse des différentes stratégies d'apprentissage possibles. Nous nous limiterons à quelques réflexions concernant des erreurs pouvant être liées à l'activité proposée à l'élève, c'est-à-dire à la situation-problème qu'on lui demande de résoudre. Et nous nous limiterons aussi à la seule activité, papier crayon.

- Situation problème à résoudre

On appellera "situation problème" à résoudre, toute présentation de protocoles expérimentaux, avec ou sans les résultats obtenus ; ces résultats sont donnés ou non, en fonction des activités logiques que l'on souhaite faire exécuter aux élèves. C'est l'activité traditionnelle qu'on rencontre dans les évaluations en situation d'enseignement, dans les manuels scolaires et aux examens. Ces activités sont prévues pour tester, chez les élèves, l'acquis de tel ou tel concept, modèle... Nous ne nous intéresserons ici qu'aux seules activités permettant une évaluation des capacités à mettre en oeuvre une argumentation logique portant sur des connaissances ayant déjà fait l'objet d'un apprentissage bien déterminé.

comment
évaluer la
logique et la
rigueur d'une
argumentation ?

Quelles activités demander aux élèves ? Quelles productions attendre d'eux ?

Quels questionnements formuler dans les exercices ?
Comment libeller les questions pour expliciter au maximum l'activité attendue ?

- Catégories d'erreurs

Une analyse des réponses des élèves montre que certaines erreurs sont dues, par exemple, au contenu scientifique du texte, alors que d'autres semblent dépendre de la formulation des questions.

- **Importance des échelles**

Une situation-problème - conditions expérimentales et résultats - est souvent exposée sous un aspect phénoménologique, alors que le questionnement entraîne des raisonnements, déductif ou hypothético-déductif, à une toute autre échelle, cellulaire, ou infracellulaire. L'élève peut très bien ne pas faire une erreur de logique, mais une erreur d'appréciation du niveau où il doit établir les relations de causalité, que celles-ci soient à exprimer avec certitude, ou bien qu'elles ne soient à proposer que de façon hypothétique.

- **Importance du vocabulaire**

Evaluer la capacité d'un élève à établir correctement un raisonnement, suppose tout d'abord que la capacité à évaluer soit clairement exprimée : un certain nombre de mots sont ainsi à éviter, comme "interpréter", "commenter", "qu'en pensez-vous ?" ... Il est possible, par contre, de libeller les questions en fonction de la nature du raisonnement que l'on souhaite voir mettre en oeuvre par l'élève.

- . Pour un raisonnement déductif

On peut donner un ou plusieurs résultats expérimentaux et demander de les expliquer, compte tenu des conditions expérimentales exposées. On peut aussi, ne donner que les conditions expérimentales, et, dans certains cas, très simples, demander de prévoir telle ou telle évolution, telle ou telle orientation. Il est très important de ne proposer que quelques pistes de recherche, de limiter très clairement le domaine des conséquents, pour éviter aux élèves toute dérive entraînant des erreurs liées, non pas à un excès d'imagination, mais à un manque de connaissances.

Il est, dans tous les cas plus rigoureux de demander une explication concernant un ou des résultats, de retrouver la loi ou le modèle qui s'applique à une situation expérimentale, que d'envisager une prévision, une anticipation d'événements. Le "vivant" est tellement déconcertant, et les modèles connus tellement réducteurs !

- . Pour un raisonnement hypothético-déductif

Proposer une ou plusieurs hypothèses est une activité extrêmement motivante pour les élèves. Leur imagination est sans limite, et souvent astucieuse. Mais comment évaluer la "valeur" de ces hypothèses, indépendamment du contenu scientifique, ou de la faisabilité d'une expérimentation adéquate ?

des erreurs sont
liées au libellé
des questions

Il n'y a pas de règle en matière d'induction, pour la mise en place d'un modèle. On peut cependant vouloir insister dans son enseignement sur la cohérence d'un nouveau modèle avec les connaissances du moment, ou bien sur l'intérêt scientifique à rechercher une hypothèse simple, facile à tester expérimentalement. Faut-il pour autant s'interdire tout questionnement à ce sujet ?

S'il apparaît difficile d'évaluer, dans une réponse, la qualité d'une proposition d'hypothèse, on peut, par contre, demander de rejeter une (ou plusieurs) hypothèses. Pour cela l'élève doit avoir la possibilité de confronter plusieurs hypothèses à des résultats expérimentaux donnés : on peut lui demander de choisir l'hypothèse à rejeter, en en confrontant plusieurs à des résultats expérimentaux. On peut juger ainsi de la capacité de l'élève à apprécier la conformité ou la non conformité d'un résultat avec le conséquent d'un modèle. Tirer une ou plusieurs "conclusions" de confrontations expérimentales rentre dans ce cadre. Une erreur fréquente constatée dans ce cas est la confusion entre cette conclusion (rejet d'une hypothèse) et explication.

6.3. Obstacles d'ordre épistémologique

Ces obstacles sont nombreux en biologie, mais en se référant essentiellement aux réflexions que C. Debru développe dans son ouvrage *"La neurophilosophie du rêve"*, seuls quelques-uns d'entre eux seront abordés.

- La causalité en biologie

"La difficulté d'établir des relations de causalité par la méthode expérimentale est double. Elle tient à des limitations de nature logique, mais également à la complexité des systèmes physiologiques étudiés".

Une relation de "cause" à "effet", peut-elle se réduire à une relation de type "si...alors..."? Peut-on réduire la causalité d'un phénomène biologique à une implication logique ? Voici la position de C. Debru :

"Contre le sens commun qui tend à confondre lien logique d'implication et influence causale... on doit admettre que la suppression d'une condition suffisante n'entraîne pas nécessairement la disparition de l'effet... Ce qui est vrai alors c'est l'énoncé inverse, l'absence de l'effet implique celle de la cause".

Par ailleurs *"la complexité des phénomènes biologiques fait que la relation de cause à effet n'est pas toujours une relation d'antécédent à conséquent au sens temporel de ces termes. En effet, la cause supprimée, l'effet peut se poursuivre".*

Cette même complexité est à mettre aussi en relation avec l'action conjointe des causes.

"On peut distinguer deux cas dans l'action conjointe des causes : celui où les causes produisent les mêmes effets que si elles agissaient isolément, celui où la conjonction des

l'absence de l'effet implique celle de la cause

la cause supprimée, l'effet peut se poursuivre

les lois
biologiques sont
des lois
complexes

causes fait apparaître des effets nouveaux. Dans le premier cas, les effets s'ajoutent ou se retranchent, ils sont additifs. Dans le second cas, l'apparition de phénomènes nouveaux, en général dus à la création de nouvelles interactions, perturbe l'additivité... Les systèmes biologiques ne permettent pas de vérifier une proportionnalité simple, monotone, linéaire de l'effet à la cause. Ce sont des lois complexes, souvent non linéaires, qui président au comportement des systèmes biologiques."

- Les limites de l'expérimentation en biologie

Expérimenter sur le "vivant" entraîne par ailleurs des contraintes irréductibles. *"L'utilisation du chat pontique comme préparation sur laquelle on teste les effets de différents cocktails d'hormones se heurte à la difficulté de dissocier les effets, c'est-à-dire, d'une part, d'obtenir une survie sans sommeil paradoxal et, d'autre part d'obtenir, si l'on peut dire, un sommeil paradoxal sans survie. Il est malheureux sans doute, pour la démonstration, que l'on ne puisse obtenir un sommeil paradoxal sans survie.*

La physiologie expérimentale ... se heurte ici à un véritable mur... De nombreux facteurs sont actifs sur le sommeil paradoxal, mais la cause déclenchante reste inconnue".

- Conséquences sur l'enseignement de la biologie

Nous n'en proposerons que deux, mais il y en a bien d'autres !

- **Biologie et logique**

L'objet d'étude de la biologie, le vivant, semble ainsi échapper par sa complexité à la rigueur de la logique pure. Il est certain que le biologiste est souvent confronté dans ses expérimentations à des valeurs autres que celles de la rigueur de l'implication, c'est-à-dire à toutes les valeurs humaines. C'est ce qui fait la richesse de notre science, qui doit respecter, les règles de la logique, sans faillir à celles de l'éthique des sociétés humaines.

- **Biologie et affectivité**

Au niveau individuel, il ne faut pas négliger, l'impact psychologique que représente, surtout pour les jeunes élèves, l'expérimentation chez l'animal, même quand il s'agit d'expérimentations avec simulations informatisées. Ajoutons-y les nombreux problèmes d'éthique humaine que nous venons d'évoquer, et nous aurons encore élargi l'éventail des difficultés que rencontrent nos élèves quand ils doivent raisonner en biologie.

CONCLUSION

L'évaluation des capacités de raisonnement en sciences expérimentales, et plus particulièrement en biologie, pose aux enseignants, comme aux chercheurs en didactique, de

nombreux sujets de réflexions. Nous ne poserons en conclusion que deux questions, qui nous semblent prioritaires.

- Plus personne certes, ne remet en cause l'importance des objectifs méthodologiques dans un enseignement scientifique. Mais comment évaluer avec rigueur les acquis dans ce domaine ? Quels critères retenir ?
- Concret et abstrait : comment, à notre époque, compte tenu du niveau moléculaire d'un nombre de plus en plus grand de modèles biologiques, passer du domaine observable, du phénomène à l'échelle du perceptible, au mécanisme explicatif, qui lui, se situe au niveau cellulaire et moléculaire ?

S'il semble, par ailleurs, possible d'approcher ponctuellement une capacité de raisonnement, il paraît en revanche bien illusoire de penser pouvoir évaluer chez un élève la capacité à franchir les différentes étapes d'une démarche expérimentale qui se caractérise par son cheminement buissonnant. Faut-il pour autant s'interdire tout objectif pédagogique dans ce domaine ? Certainement pas. Mais il est important de dissocier ce qui appartient aux stratégies d'apprentissage et ce qui relève de l'évaluation.

les activités de
raisonnement
sont des activités
interdisciplinaires

Un dernier point enfin est l'aspect indiscutablement interdisciplinaire de ces activités de raisonnement, activités qui débordent évidemment les domaines scientifiques. En effet, une réflexion interdisciplinaire menée actuellement dans ce domaine, par l'équipe interdisciplinaire du lycée François Villon fait apparaître l'urgence d'une recherche structurée à ce sujet.

Pour ne citer qu'un exemple, l'étude de l'emploi du mot "expliquer" dans les questionnements, est riche d'enseignements. Si le sens même du terme n'est remis en cause par aucune discipline (sciences expérimentales, sciences humaines, lettres), si le raisonnement qu'il implique est toujours admis comme étant de type déductif, il apparaît cependant que l'emploi du mot "expliquer" dans un exercice quelle qu'en soit la nature, littéraire ou scientifique est très ambigu pour les élèves... et souvent pour les enseignants eux-mêmes. Ce mot en effet peut souvent solliciter des activités différentes ! Selon l'enseignant et/ou les disciplines l'élève devra, pour répondre "correctement" à une question formulée dans les mêmes termes, choisir entre trois activités (ou même davantage) :

- rechercher une ou plusieurs causes,
- appliquer un "modèle" à un cas particulier,
- expliciter le modèle adéquat dans une situation donnée...

Le "bon élève" ne tombe pas dans les pièges que posent tous ces implicites. Mais les autres ?

Michelle DUPONT
Lycée François Villon
Paris

ÉLÉMENTS DE BIBLIOGRAPHIE

LOGIQUE

BLANCHE R. *Introduction à la logique contemporaine* A. Colin Col. U2.

GRIZE J.B. *Logique contemporaine*, Gauthiers Villars, Paris (épuisé).

ROURE M.L. *Eléments de logique contemporaine*, PUF.

ÉVALUATION

ALLAL L., CARDINET J., PERRENOUD P. *L'évaluation formative dans un enseignement différencié*, Berne, Peter Lang, 1981.

BARBIER J.M. *L'évaluation en formation*, PUF, 1985.

Pratiques n°44 Décembre 1984, Collectif d'enseignants, Metz.

Travailler en équipe au lycée ; des outils pour agir, Ministère Education nationale, 1988.

ÉPISTÉMOLOGIE

HEMPEL C. *Eléments d'épistémologie*, A. Colin, Coll. U2, 1972.

DEBRU C. *La neurophysiologie du rêve*, Hermann, Coll. Savoir/sciences 1990.