

RAISONNEMENT ET ÉCRITURE À PROPOS D'ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES AU COLLÈGE

Anne Vérin

La maîtrise du raisonnement scientifique est attendue des élèves mais fait-elle l'objet d'un apprentissage spécifique en classe ? Une recherche a tenté d'explorer les possibilités de travail sur la production de textes comme une entrée possible pour l'apprentissage des opérations intellectuelles dont ils sont le support. L'analyse de quelques séquences d'enseignement de la physique et de la biologie au collège développées dans ce cadre, montre que celles qui sont centrées sur la production de comptes rendus développent la formalisation d'étapes d'un raisonnement expositif où la théorie est utilisée pour expliquer un phénomène expérimental. Celles qui s'appuient sur la production de textes accompagnant la formulation d'hypothèses et la réalisation d'expériences ouvrent des possibilités de mise en oeuvre de raisonnements heuristiques. La question de l'épistémologie scolaire sous-jacente aux choix pédagogiques des enseignants est posée à l'occasion de ces exemples.

des activités de
classe...

Il est très largement admis que l'apprentissage du raisonnement, en relation avec la construction et l'utilisation de connaissances scientifiques fait partie intégrante de la formation scientifique.

où
l'apprentissage
du raisonnement
en sciences...

Cet apprentissage est rarement pris de front. Le travail sur la rédaction de textes autour d'activités expérimentales peut être le support d'un tel apprentissage.

est abordé à
travers la
production
d'écrits

Quelles possibilités offrent cette entrée particulière, quelles en sont les limites, quels sont les aspects du raisonnement qu'elle permet d'enseigner ? Une analyse des caractéristiques de quelques activités de classe construites dans cette perspective permet de préciser les apprentissages mis en jeu selon les tâches intellectuelles proposées aux élèves, les types de texte demandés et les modalités de travail de ces textes. Elle apporte un éclairage sur ces questions et ouvre une réflexion sur le cadre épistémique sous-jacent aux choix pédagogiques.

1. LA RÉDACTION D'UN COMPTE RENDU D'EXPÉRIENCE EST UNE TÂCHE COMPLEXE

Le compte rendu d'expérience, accompagné de dessins et de schémas, est un texte typique de la tradition scolaire, dans l'enseignement des sciences expérimentales (1).

le compte rendu
d'expérience

La tâche que l'on propose habituellement aux élèves n'est pas simple. On y relève une divergence entre des objectifs concurrentiels, divergence qui, d'ordinaire, reste essentiellement gérée par les élèves de façon "privée".

reconstruit le
raisonnement
argumentatif à la
façon de l'article
scientifique

- D'une part, le compte rendu doit décrire la suite des opérations conduites, il doit fournir les données recueillies sur les phénomènes provoqués et indiquer les conclusions qui en sont tirées. De ce point de vue, il rejoint la superstructure des articles de revues scientifiques, dans lesquels on reconnaît une introduction (présentant le problème et la méthodologie), l'énoncé de résultats, et une discussion. Dans lesquels, surtout, on distingue une partie "récit" (méthodologie et résultats) utilisant un mode d'énonciation objectif (absence de "je", tournures passives...), et une partie "commentaire" (introduction et discussion) à caractère plus personnel (énonciation subjective laissant place à l'auteur) (2).

expose les
connaissances
acquises à la
façon du manuel
scolaire

- D'autre part, et simultanément, le compte rendu doit répondre à des exigences d'exposition du savoir scientifique des programmes, sous une forme codifiée (3). On s'attend à y retrouver, sous la plume de l'élève, la relation de faits scientifiques déjà connus, que l'expérimentation est l'occasion de "redécouvrir". Il rappelle donc, d'une certaine façon, les textes que contiennent les manuels, lesquels décrivent des expériences et en induisent des lois, ou présentent ces expériences comme preuves de la valeur de ces lois.

Il s'agit donc d'un genre composite qui doit rendre compte des étapes d'une démarche expérimentale, reconstruite logiquement d'une façon telle qu'elle permette l'exposition d'un savoir socialisé déjà disponible. Il est demandé aux élèves de

-
- 1 On peut noter, surtout au collège, une tendance à la moindre fréquence de cet exercice au profit de l'interprétation de résultats expérimentaux donnés sur papier, concomitante avec une diminution des activités de manipulation.
 - 2 Liliane SPRENGER-CHAROLLES. "La compréhension du langage", in : *Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifiques*, Actes des 6èmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique, Chamonix, 1984. Paris : Univ. Paris 7, Didactique des disciplines. 1984.
 - 3 Le schéma OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérimentation, Résultats, Interprétation, Conclusion), hâtivement attribué à Claude Bernard, est encore souvent utilisé dans la tradition scolaire pour définir la forme d'exposition attendue.

c'est la phase de structuration logique de la démarche scientifique qui est privilégiée

combiner discours argumentatif et discours expositif dans un raisonnement logique rigoureux qui établit des rapports entre la pensée et la réalité (4).

La rédaction d'un compte rendu répond ainsi à deux fonctions dans l'apprentissage : une fonction d'appropriation et de consolidation des acquis (correspondant au deuxième objectif décrit plus haut) et une fonction d'appropriation d'un des aspects de la démarche expérimentale, la reconstruction a posteriori à des fins de communication du raisonnement effectué en relation avec l'expérimentation (premier objectif).

C'est toujours l'esprit logique - "le deuxième esprit scientifique" défini par Gabriel Gohau (5) - qui est privilégié dans cet exercice, qu'il soit articulé ou non, selon les cas, avec des activités relevant du "premier esprit scientifique", heuristique.

2. LE DÉVELOPPEMENT DU RAISONNEMENT EN RELATION AVEC DES ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE DE L'ÉCRITURE DE COMPTES RENDUS

deux dispositifs

Je me propose d'analyser d'abord deux dispositifs didactiques construits dans le but explicite de favoriser des apprentissages méthodologiques à l'occasion de la rédaction de comptes rendus (6).

centrés sur la mise en forme du raisonnement

Les enseignants ont conçu ces dispositifs en choisissant de mettre l'accent sur des activités de raisonnement et de mise en forme du raisonnement, le compte rendu construit se rapprochant plutôt de l'article scientifique que du modèle scolaire habituel. Les activités mises en place conduisaient les élèves à expliciter certains aspects de la superstructure

-
- 4 Plusieurs articles caractérisent l'épreuve de biologie sur documents au baccalauréat comme la forme extrême de ce type de texte, où par une pseudo-argumentation rhétorique les théories sont inférées des données expérimentales, par exemple : Gabriel GOHAU. "A propos des épreuves sur documents". *Bulletin de l'APBG*, 3, 1972. Babacar GUEYE. "L'épreuve écrite de biologie au baccalauréat fait-elle appel au raisonnement en sciences expérimentales ?". *ASTER*, 8, 1989.
- 5 GOHAU Gabriel. "Deux esprits scientifiques". *Cahiers pédagogiques*, 141, 1976.
- 6 Je reprends ici, en me centrant plus spécifiquement sur les composantes de l'apprentissage qui ont trait au raisonnement, des séquences décrites dans : Jean-Pierre ASTOLFI, Brigitte PETER-FALVI, Anne VÉRIN. *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales*. Paris : INRP. 1991, chapitre 2 : "Apprendre à écrire des textes variés, fonctionnellement insérés dans la formation scientifique".

et des règles formelles propres à un compte rendu scientifique et initiaient chez eux une réflexion de type métacognitif portant en particulier sur les raisonnements mis en oeuvre à chaque étape.

Les tâches dans lesquelles les élèves sont successivement engagés déterminent la mise en oeuvre d'un raisonnement que je tenterai de caractériser dans chaque cas.

J'analyserai ensuite ce que le travail sur le texte apporte à l'apprentissage de compétences de raisonnement.

2.1. Un cachet d'aspirine ... et le bouchon saute ("expliquer" = "décrire" ou "interpréter")

L'expérience suivante est proposée à une classe de Troisième, en début d'année. On met un quart de cachet d'aspirine effervescente dans un pilulier contenant de l'eau. On ferme celui-ci et l'on observe rapidement que le bouchon saute.

Les manipulations à effectuer sont des plus simples, le phénomène observé également ; et ceci est délibéré. Ce que souhaite l'enseignant, c'est focaliser le travail des élèves sur ce qui peut faire ici difficulté : l'interprétation du phénomène et sa rédaction par les élèves ; et il a préféré pour cela une réalisation expérimentale qui ne pose pas problème par ailleurs.

Il est annoncé d'emblée aux élèves que l'interprétation du phénomène demandera de mettre en jeu le modèle particulière de la matière. Une formulation en a été construite avec les élèves dans les cours précédents, en relation avec les paramètres caractéristiques d'un gaz : pression, volume, température, nombre de particules.

Je caractériserai deux tâches, qui ne sont pas nécessairement successives pour les élèves mais qui me semblent distinctes : la tâche d'élaboration de l'explication et la tâche de mise en forme du raisonnement explicatif en respectant des normes.

Le phénomène considéré est, pour l'enseignant, un fait expérimental construit de façon déductive en rapport avec le modèle ; l'effet est prévu. Pour l'élève, il a le statut d'une observation surprenante. En effet, l'effet est inattendu (le bouchon saute) et paraît sans commune mesure avec ce qui l'a provoqué (mettre un comprimé dans de l'eau ne provoque rien de particulier dans l'expérience de tous les jours). Il motive la recherche d'une explication rationnelle.

On est là devant une situation transposant au cadre scolaire l'activité du scientifique qui cherche à éprouver les modèles physiques dont il dispose pour voir s'ils peuvent rendre compte de façon satisfaisante de nouvelles classes de phénomènes (ce que Kuhn appelle la science courante). Les élèves auront bien cette référence en tête au moment de la rédaction du compte rendu puisqu'ils chercheront à préciser le but de l'expérience - nous y reviendrons. Mais dans le

réalisation des manipulations indiquées pour provoquer un phénomène simple

mais inexplicable

sans le recours au modèle particulière de la matière

le phénomène n'est pas construit par les élèves

c'est un fait observé

leur activité
intellectuelle :
élaborer une
explication

contexte d'apprentissage scolaire, le phénomène est donné à l'élève déjà construit, l'élève n'a pas d'hypothèse à faire, ni de découpage de la réalité pour en retenir les éléments significatifs, ni de raisonnement argumentatif. On lui demande de produire une explication. L'explication n'étant pas disponible immédiatement, c'est une démarche seconde, nécessitant l'utilisation déductive du modèle, qui donne la clé.

par un
raisonnement
déductif à partir
du modèle
connu

Le travail intellectuel de l'élève, pour l'élaboration de cette explication, comporte alors trois opérations successives :

- dans un premier temps, repérer une suite d'événements observés au niveau macroscopique ;
- puis sélectionner les éléments du modèle qui correspondent aux éléments de la réalité ;
- enfin les utiliser pour nommer ces éléments et pour supposer les mécanismes non visibles qui expliquent le passage de l'état initial visible à l'état d'arrivée visible.

L'interprétation attendue est la suivante :

- 1) les bulles sont l'indice de la formation d'un gaz ;
- 2) ce gaz est produit par la réaction chimique de l'aspirine avec l'eau ;
- 3) le nombre de particules de gaz augmente, et donc également le nombre de chocs sur les parois du pilulier et le bouchon ;
- 4) en conséquence, la pression augmente à l'intérieur du pilulier, et le bouchon saute.

Au moment de la rédaction individuelle du compte rendu, les élèves réinvestissent le travail de définition d'une grille d'évaluation commencé au cours de la séquence précédente (7) : on constate la reprise de certaines rubriques ou même l'utilisation par certains de la grille comme d'un plan-type organisant le compte rendu.

Certaines des rubriques de la grille précisaient des exigences formelles :

*"mettre un titre",
"faire des paragraphes séparés",*

ou encore :

*"donner la liste du matériel utilisé",
"faire un ou des schémas (...)".*

D'autres nous intéressent plus particulièrement ici car elles font référence à différents aspects du raisonnement :

*"expliquer le but de l'expérience : ce qu'on cherche",
"expliquer ce qu'on fait, les consignes, les étapes",*

l'utilisation d'une
grille
d'évaluation au
moment de la
rédaction

7 La grille était présentée aux élèves comme un outil à construire et à perfectionner progressivement. Elle a joué un rôle de support pour des activités de réflexion métacognitive sur la tâche de rédaction d'un compte rendu scientifique. Ce travail a été relaté dans : Anne GOUBE. "Ecrire en sciences au Collège : une aide méthodologique", in : *Les aides didactiques pour la culture et la formation scientifiques et techniques*, Actes des 11èmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique, Chamonix, 1989. Paris : Univ. Paris VII, Didactique des disciplines. 1989.

*"mettre les remarques sur ce qui se passe (observations)",
"faire une conclusion".*

facilite la mise en
forme du
raisonnement

Ainsi la première de ces rubriques ("expliquer le but de l'expérience : ce qu'on cherche") place l'expérience dans un raisonnement argumentatif. On a vu que les consignes permettant de réaliser l'expérience étaient données aux élèves, qu'ils n'ont pas eu à faire de conjectures à ce moment-là : il s'agit donc d'une reconstruction par les élèves du point de vue de l'enseignant ou du point de vue d'un chercheur fictif qui aurait imaginé cette expérience.

L'élève qui écrit :

«But : Si on laisse T (température) fixe ainsi que V (volume) et qu'on augmente N (nombre de particules) ; on cherche à savoir ce qui se passe pour P (pression du gaz), on cherche à savoir si notre modèle permet d'expliquer ce qui se passe.»

et sa
reconstruction
sous la forme
argumentative
attendue

propose un raisonnement argumentatif, où les caractéristiques de l'expérience sont déduites du modèle de façon à contrôler deux paramètres, à en faire varier un troisième. Même s'il est laissé en suspens, si l'effet prédictible à partir du modèle n'est pas formulé, en bref, même si ce raisonnement est incomplet, je retiens ici l'idée que l'élève tente de reconstituer le point de vue de celui qui a construit l'expérience. Le dernier membre de phrase change de registre et revient à l'explication du point de vue de l'élève.

Les rubriques suivantes définissent une exigence de définition d'un protocole d'expérience précis : description organisée de la suite des actions réalisées, consignation des résultats observés ; puis une exigence de rédaction d'une conclusion.

Pour un certain nombre de textes d'élèves, ces rubriques sont utilisées comme un plan-type. Le compte rendu adopte alors le schéma suivant, proche de la superstructure des articles scientifiques :

mais la maîtrise
de la forme n'est
pas encore
acquise

- but de l'expérience (le problème),
- protocole (la méthodologie, les résultats),
- conclusion.

Cependant si l'on examine précisément les textes, on constate que ces différents aspects sont mélangés à l'intérieur même des paragraphes.

l'utilisation de la
même grille par
la classe

Le travail proposé aux élèves sur ces textes s'organise de la façon suivante. Le professeur en sélectionne trois, les photocopie et les distribue à tous, en demandant à la classe de les lire et de les analyser de façon comparative. La grille d'évaluation des comptes rendus scientifiques est utilisée dans cette tâche d'analyse comparative : il s'agit de la mettre à l'épreuve et de la modifier chaque fois qu'elle n'apparaît pas suffisamment précise, univoque ou complète. Mais simultanément, à l'occasion de cette activité de définition de critères, c'est une explicitation des savoirs et des opérations mentales en jeu dans la rédaction des comptes rendus analysés que l'enseignant veut favoriser.

facilite une
analyse
distanciée des
textes

Compte-rendus de Sciences Physiques

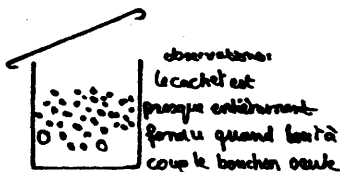
1^{ère} expérience: Pression du gaz

But: Si on laisse T (température) fixe ainsi que V (volume) et qu'on augmente N (le nombre) de particules; on cherche à savoir ce qui se passe pour P (pression du gaz), on cherche à savoir si notre modèle permet d'expliquer ce qui se passe.

Matériel: 1 Boîte à pilules en verre, eau, $1/4$ de cachet d'aspirine, un bouchon en plastique avec la boîte.

Explications: On prend la boîte, on laisse rentrer l'air, on met de l'eau, $1/4$ de cachet d'aspirine et on ferme vite la boîte avec le couvercle, et on laisse fondre le cachet.

Schémas:



Explications: Comme on n'augmente pas T on pourrait croire que P reste fixe car l'agitation augmente avec t et P augmente avec l'agitation.



départ



fin

En revanche on accroit le nombre de particules on fait fondre le cachet (quand il fond il fabrique des particules) donc le nombre de chocs contre la paroi va aussi s'accroître.

Conclusion: P augmente car le nombre de chocs augmente donc le bouchon saute.

Un des textes d'élèves analysés par la classe

Ce dispositif est repris plusieurs fois au cours de l'année. Mais chaque fois, selon les caractéristiques des productions des élèves, le professeur privilégie une centration particulière qui lui paraît propre à faire réaliser aux élèves un progrès significatif.

qui, ici, conduit à une réflexion métacognitive

sur les opérations en jeu dans le raisonnement à propos d'expériences

Ici le professeur, ayant noté que le mot *expliquer* est utilisé plusieurs fois par les élèves, tantôt avec le sens de *décrire*, tantôt avec celui d'*interpréter*, choisit de centrer la réflexion sur le raisonnement à propos d'une expérience scientifique, en partant d'une réflexion sur les opérations mentales désignées par ce terme.

Après un long débat sur le sens de ces différents mots, après recherche dans le dictionnaire, le terme "*expliquer*" est éliminé. Il est remplacé soit par "*donner le but*", quand il s'agit d'une explication qui cherche à finaliser l'expérience (la question théorique pour laquelle l'expérience a été conçue), soit par "*décrire*" quand l'explication précise la façon dont l'expérience est conduite (le protocole d'expérience), soit par "*interpréter*" quand l'explication rend compte, avec des outils conceptuels théoriques, du phénomène observé. Ces distinctions seront reprises et affinées par la suite. Une discussion s'engage sur ce que peut être le but d'une expérience : répondre à une question, comprendre, explorer.

Ainsi dans ce débat, chacun, par sa participation ou son écoute, cherche à s'approprier les objectifs, à comprendre, preuves à l'appui, le sens des rubriques de la grille, conçues comme différents moments du raisonnement, et à préciser les différentes opérations intellectuelles auxquelles elles renvoient. Ce travail d'explicitation passionne les élèves et le professeur note une amélioration de la qualité des comptes rendus beaucoup plus rapide que les années précédentes.

2.2. Seringue et pression atmosphérique

(distinguer, puis articuler, séquence descriptive et séquence explicative)

invention du protocole qui permettra d'obtenir l'effet demandé

Les élèves d'une classe de physique de Cinquième viennent d'imaginer et de réussir une expérience mettant en jeu la pression atmosphérique (8). On leur a demandé d'imaginer une expérience dans laquelle l'eau monte dans une seringue, sans que l'on touche au piston de cette seringue au moment de l'ascension de l'eau. Ils ont assez rapidement trouvé qu'il faut créer une dépression dans la seringue et, pour cela, boucher l'embout avec le doigt et tirer le piston avant de plonger la seringue dans l'eau.

L'enseignant propose ici aux élèves un défi technique. Il s'agit comme dans l'exemple précédent de produire un phénomène surprenant, mais cette fois ce n'est pas la marche à suivre qui est donnée, mais le résultat recherché : faire pénétrer de l'eau dans une seringue sans toucher au piston. Du point de vue des élèves, leur activité inventive porte sur la réussite de l'action dans ce premier temps, et non sur

8 Une première analyse de ce travail conduit par Camille DURNERIN et Alain ROBERT a été publiée dans : Anne VÉRIN. "Apprendre à écrire pour apprendre les sciences", in : "*Les élèves et l'écriture en sciences*", Aster, 6. 1988.

rédaction d'une
fiche de T.P. à
l'intention
d'autres élèves

l'élaboration d'une explication. Celle-ci interviendra au moment des activités de production de versions successives du compte rendu.

La consigne leur est alors donnée d'écrire pour les élèves d'une autre classe une fiche décrivant le "comment" et le "pourquoi" de cette expérience :

"Écrivez pour les élèves de Cinquième B comment il faut faire pour que l'eau monte dans la seringue sans toucher au piston au moment de l'ascension de l'eau, et pourquoi il faut le faire."

Un groupe d'élèves rédige le texte suivant :

"Pour arriver à faire monter de l'eau à l'intérieur d'une seringue sans actionner le piston une fois que la seringue est dans l'eau.

1er : Avoir un cristalliseur rempli d'eau et une seringue

2ème : On bouche l'extrémité de la seringue avec un doigt. Ensuite, on actionne le piston comme si l'on aspirait de l'eau pour avoir un vide qui permettra par la suite en plongeant la seringue dans l'eau de faire monter l'eau à l'intérieur de la seringue. Ensuite, on la plonge dans l'eau et on lâche l'extrémité bouchée par le doigt sans lâcher le piston et l'eau montera."

Texte 1 réalisé par un groupe de 5ème A

la fiche est
utilisée pour
réaliser la
manipulation

Chacun des groupes de la classe de 5ème B reçoit l'un de ces textes et l'utilise pour réaliser à son tour la manipulation. Le groupe doit ensuite rédiger ses remarques à l'intention des auteurs, et réécrire le texte *"pour l'améliorer en modifiant ce qui ne va pas et en rajoutant ce qui manque."*

ce qui met à
l'épreuve
essentiellement
le caractère
reproductible du
protocole décrit

En insérant la production du texte dans une situation de communication fonctionnelle, on met l'accent sur la description séquentielle des actions. Les élèves sont amenés à découper de façon clairement identifiable plusieurs actions successives et à décrire l'effet obtenu. Ce qui est mis à l'épreuve lorsque ce texte est utilisé comme fiche de travaux pratiques par d'autres élèves, c'est d'une part la lisibilité de l'aspect prescriptif de la fiche, d'autre part le caractère reproductible de la suite d'actions décrite. Si les élèves utilisateurs comprennent la fiche et parviennent à reproduire cette suite d'actions, ils doivent obtenir le résultat attendu (ce sera un critère de réussite du texte), quelle que soit l'explication qu'on lui donne. C'est la précision du protocole expérimental qui est recherchée.

la réécriture
porte sur la
lisibilité et la
distinction entre
description et
explication

La réécriture par les élèves de la 5ème B porte alors essentiellement sur des modifications de forme (suppression de mots superflus), mais également sur une meilleure distinction entre les aspects descriptifs, explicatifs et injonctifs du texte, initiée par la consigne d'écriture qui différencie "comment" et "pourquoi". L'exemple ci-dessus comporte par exemple une longue phrase de construction complexe, où la description d'une action (*ensuite on actionne*) est liée à son effet futur (*qui permettra*) lors d'une action ultérieure (*en plongeant la seringue*).

parfois au
détriment de
l'explication

Les élèves lecteurs ayant eu du mal à reconstituer la suite des actions, rédigent une seconde version, faite de phrases courtes, précisant chacune une des actions successives à réaliser. Il perd, du coup, la composante explicative de la première version, mais gagne en efficacité sur le plan injonctif.

"Pour arriver à faire entrer de l'eau à l'intérieur d'une seringue.

Matériel : de l'eau, une seringue et un cristalliseur.

Mode d'emploi : remplir le cristalliseur d'eau ; boucher l'extrémité de la seringue. Ensuite actionner le piston sans enlever le doigt de l'extrémité de la seringue. Puis la plonger dans le cristalliseur, enlever le doigt de l'extrémité de la seringue, et vous verrez que l'eau monte."

Texte 2 : réécriture du texte 1 par un groupe de 5ème B

la mise à
l'épreuve
fonctionnelle ne
met pas en
défaut l'expli-
cation non
scientifique

le professeur
demande
d'utiliser les
connaissances
antérieurement
construites

A ce stade, le problème de l'explication du phénomène reste entier. Celle-ci est, certes, complexe et seuls deux textes d'élèves font référence à la pression de l'eau. Pour les autres, l'«horreur du vide» semble tenir lieu assez largement de principe explicatif !

Principe inexact mais qui se révèle avoir une efficacité pratique dans ce cas. Ce n'est donc pas par un échec de l'action que l'explication est remise en question, mais par un jugement du professeur qui la récuse, au nom d'un savoir scientifique précédemment construit avec les élèves et qui s'est révélé performant sur d'autres classes de phénomènes. L'intermède de la manipulation contribue cependant à faire partager aux élèves le projet de construction de connaissance ainsi amené par l'enseignant, qui rendra utile la rédaction d'une explication satisfaisante.

C'est par un retour dans la classe de 5ème A qu'un troisième temps, centré sur l'élaboration d'une explication du phénomène en termes de pression atmosphérique, est organisé. Le texte réécrit par les élèves de 5ème B est à nouveau repris et réécrit par les élèves auteurs du premier texte.

"Pour arriver à faire monter l'eau à l'intérieur d'une seringue, sans activer le piston une fois que la seringue est dans l'eau.

On prend une seringue dont le piston est poussé à fond, on bouche l'extrémité de la seringue avec un doigt (en gardant le doigt sur l'extrémité de la seringue), on actionne le piston comme si on aspirait de l'eau pour que la pression qui est à l'intérieur de la seringue soit inférieure à la pression extérieure, ce qui permettra par la suite à l'eau de monter dans la seringue.

Ensuite, on plonge la seringue dans l'eau en gardant toujours le doigt sur l'extrémité de la seringue ; une fois qu'elle est dans l'eau on enlève le doigt qui bouche l'extrémité où l'eau monte car la pression exercée sur l'eau est plus «puissante» que celle qui est dans la seringue, donc l'eau doit monter."

Texte 3 : réécriture par le groupe de 5ème A auteur du texte 1

La rédaction de cette troisième version du texte vient au terme d'une élaboration de l'explication qui a conduit les élèves à identifier et à travailler différentes opérations intellectuelles complexes telles que :

la réélaboration de l'explication implique un raisonnement déductif et argumentatif

- sélectionner un cadre interprétatif théorique : identification parmi les connaissances disponibles de celles dont la mobilisation est utile dans la situation particulière. Les élèves réexaminent leurs notes de cours dans cette perspective ;
- établir des relations entre faits et cadre interprétatif : articulation entre les faits constatés ou produits, pour les mettre au service d'une chaîne argumentative déductive. Après un temps de réécriture distincte pour les parties injonctive et explicative, il est demandé aux élèves une réécriture individuelle du texte, intégrant ces deux parties dans une écriture continue. C'est l'occasion en même temps d'un travail au niveau de la représentation que se font les élèves de ce qu'est une explication scientifique ;
- organiser le raisonnement sous la forme discursive d'un texte : traduction de ces articulations dans le corps du texte, grâce aux ressources du lexique (emploi des connecteurs, par exemple) et de la syntaxe, ce qui donne lieu simultanément à une analyse des caractéristiques des textes explicatifs par rapport aux textes injonctifs.

et une réflexion sur ce qu'est une expérience scientifique

3. LE DÉVELOPPEMENT DU RAISONNEMENT EN RELATION AVEC LA PRODUCTION D'ÉCRITS ACCOMPAGNANT L'EXPÉRIENCE OU L'OBSERVATION

Les séquences précédentes portaient sur la phase de rédaction d'un compte rendu. Or, il est possible de développer aussi des compétences autour du raisonnement expérimental, en s'aidant d'écrits qui accompagnent la mise au point, la réalisation ou l'interprétation d'une expérience ou d'une observation, sans prendre nécessairement une "bonne forme", si ce n'est dans la phase terminale du travail.

deux dispositifs où les écrits sont des outils pour une démarche heuristique

3.1. Le lapin repère sa nourriture (mise au point d'un plan expérimental)

Deux caractéristiques font l'originalité de cette séquence : les élèves sont engagés dans l'invention d'un dispositif expérimental pour répondre à un problème, et le travail réalisé autour de la production d'écrits a pour fonction d'accompagner la démarche heuristique dans laquelle les élèves précisent le problème, définissent des variables, prévoient des dispositifs permettant d'agir sur ces variables (9).

l'idée d'expérience, rudimentaire au départ

9 Martine SZTERENBARG. "Sur les traces du lapin blanc". *Cahiers Pédagogiques*, 278, 1989, et : "Elaborer l'idée d'expérience" *Aster*, 12, 1991.

Elle s'adresse à des élèves de Sixième qui n'ont pratiquement jamais bénéficié jusque-là d'activités de type scientifique. C'est dire que l'on part d'une méconnaissance presque complète de ce qu'est une expérience.

Les élèves ont assisté, dans une précédente séquence, à la projection d'un film qui relatait des expériences sur le mode de repérage sensoriel chez les Chauves-souris.

Ce film suit une logique expositive et argumentative où des hypothèses sont présentées, des expériences sont construites pour infirmer ou confirmer les hypothèses, les résultats des expériences permettent de valider des connaissances. Le modèle de l'activité scientifique du naturaliste proposé ainsi, malgré ses limites, enrichit le modèle dont disposent les élèves qui, on le voit à la lecture de la majorité de leurs premières productions, est celui de la monographie - sous la forme d'une collection de renseignements descriptifs et non problématisés faisant le tour des différents aspects de la vie d'un animal.

Le raisonnement s'inscrit sur le plan conceptuel dans une redéfinition du concept de milieu. La question ne peut se poser que si l'on admet de "penser le milieu à partir de l'animal comme son environnement, où les possibilités ne sont offertes que si l'animal peut les utiliser ("milieu agi") et non comme un milieu identique pour tous "qui impose ses conditions aux vivants (milieu "subi")" (10). Le cas de la Chauve-souris est intéressant parce que ses possibilités sensorielles sont tellement différentes de celles de l'homme que la décentration en est facilitée.

Le principe en est repris ici, avec la mise en place d'un plan d'expériences "pour savoir avec quel(s) organe(s) des sens le Lapin repère sa nourriture".

Cependant la théorisation qui préside au choix des variables est faible. La proximité de l'animal choisi avec l'homme permet aux élèves de se contenter d'identifier implicitement le milieu du Lapin et ses possibilités sensorielles avec ceux de l'homme pour choisir les variables "vue" et "odorat". La variable "ouïe" retenue également pourrait ouvrir une remise en question conceptuelle, mais elle est peu vraisemblable étant donné le régime alimentaire du Lapin.

C'est sur le raisonnement hypothético-déductif que l'accent est mis, et particulièrement sur l'aspect prédictif de la réalité qui est le propre des hypothèses : la première tâche des élèves consistera à formuler des questions en des termes tels qu'ils pourront orienter la construction d'un dispositif expérimental et qu'ils inclueront une prévision des résultats attendus.

L'idée est la suivante : c'est qu'avant de lancer les élèves dans l'expérimentation proprement dite, il est utile qu'ils planifient aussi précisément que possible le déroulement de leurs actions expérimentales en rapport avec ce qu'ils se proposent de montrer ; même si en cours de réalisation, ils

est enrichie par un film

puis par les activités d'invention d'un dispositif expérimental

le raisonnement hypothético-déductif

10 Brigitte PETERFALVI, Guy RUMELHARD, Anne VÉRIN. "Relations alimentaire". *Aster*, 3, 1987, page 141.

découvrent d'autres aspects des choses qui amèneront à infléchir ce plan.

est soutenu par
un outil
graphique
prévisionnel

Pour aider à la genèse de ce raisonnement anticipatoire, avec émission d'hypothèses, le professeur propose aux élèves de préparer (individuellement ou en groupes), un "outil graphique" ou "document" qui permettra de prévoir la marche à suivre, et de noter les résultats.

L'emploi d'un tel "outil graphique" est un exemple, d'un type particulier, d'utilisation fonctionnelle d'un écrit. Celui-ci se distingue par ses propriétés synoptiques, puisqu'il donne à voir d'un seul coup d'oeil le processus expérimental projeté. La signification des différents moments de la démarche peut plus facilement être mise en relation avec l'ensemble, permettant ainsi une visualisation globale porteuse de signification. D'autant que ce document anticipatoire devra guider par la suite la démarche elle-même.

Mais, pour anticiper, il est nécessaire d'avoir une certaine expérience de la chose, et c'est justement ce qui fait défaut aux élèves dont il est question. C'est pourquoi, les premiers "outils" produits sont très éloignés de ce qu'on pourrait appeler un plan expérimental, les élèves produisant plutôt en majorité des monographies sur le lapin ou sur son alimentation !

quatre
productions sont
analysées
collectivement

C'est alors que survient un moment-clé de cette stratégie didactique : les documents imparfaits (disons même mauvais et hors sujet, qui manifestent une incompréhension de l'idée de plan expérimental), loin d'être écartés, sont pris comme points d'ancrage pour l'élaboration ultérieure. Le professeur reproduit sur transparents quatre des documents d'élèves, qu'il a sélectionnés comme représentatifs des productions de la classe, et il les propose à l'examen critique collectif. Dès cette première projection, les écarts sont repérés entre ce qui a été produit et la fonction que le document était censé remplir. En même temps est esquissée une première prise de conscience des opérations intellectuelles en jeu dans la mise au point d'un plan d'expérience : choisir des variables pertinentes par rapport au problème, définir l'action que l'on exercera sur elles, prévoir l'effet en fonction d'un cadre interprétatif.

amorce d'une
réflexion
métacognitive

en particulier sur
la notion de
variable

Rabbah : *Malgré les dessins, elle n'a pas bien expliqué ce qui était demandé.*

Fabrice : *Elle n'a pas fait d'expérience.*

Alain : *Vous avez demandé comment il repèrait sa nourriture, le document donne d'autres renseignements.*

Mourat : *Dans l'expérience, on ne sait pas s'il voit, s'il sent ou s'il entend !*


Linda : *Ce n'est pas le travail demandé. On ne sait pas si elle veut parler de l'ouïe, de la vue ... des expériences que vous avez demandées.*

réécritures


Le professeur propose alors une réécriture du document anticipatoire, et cette deuxième version sera également soumise à la discussion collective.

Document sur le lapin

Le lapin est un rongeur qui se nourrit de carottes et de laitues.



Le lapin est très prolifique et peut être domestique ou sauvage.



Le lapin vit sur les terrains boisés et saboteux où il creuse des terriers collectifs.


Un exemple de la première version du document anticipatoire

Dolida: dit que c'est grâce à l'ouïe qu'il repère sa nourriture.


Virginie: dit que c'est grâce à l'odorat et à la vue, mais surtout grâce à l'odorat.

Fabrice: dit pareil que Virginie.


1^{er} expérience



Je bouche et je bande ses yeux et je cache une carotte.



Je bande et je bouche le nez et je cache la carotte.



Je bouche le nez et bande les oreilles et je cache la carotte.

Un exemple de la deuxième version du document anticipatoire

et nouvelles
analyses critiques

On ira ainsi jusqu'à trois versions successives, intégrant progressivement les critiques de plus en plus affinées (les dernières critiques portent sur la correction de la chaîne logique dans l'expérimentation et sur le statut de l'hypothèse, des résultats et de la conclusion).

pour aider à une
meilleure maîtrise
du raisonnement

Il est à noter que sans la médiation de l'écrit, ces échanges entre élèves n'auraient pas eu un caractère si interactif et intense. L'écrit évolutif a donc un rôle clé dans l'élaboration, puisqu'il a été à la fois le support de la réflexion prévoyant l'action, et le support des échanges relatifs à cette prévision. C'est à l'occasion des analyses collectives de textes que l'enseignant a fait réfléchir les élèves au statut des hypothèses et des expériences dans la construction des connaissances.

A ce moment du processus, l'enseignant a substitué aux instruments que les élèves avaient élaborés (et qu'il faut reconnaître encore bien imparfaits pour certains d'entre eux), un tableau qu'il a lui-même construit, et dont il a jugé l'emploi plus efficace pour organiser la réalité du travail expérimental.

la mise en forme
finale est
proposée par
l'enseignant

Il est intéressant de clarifier ce que les élèves ont appris dans ces conditions. On peut, en particulier, faire l'hypothèse suivante : c'est que le respect de ces phases assez longues d'élaboration, de discussion, et de réécriture, telles qu'elles ont été décrites, **a modifié le statut du tableau introduit par l'enseignant**, pour guider la conduite de l'expérimentation. Celui-ci aurait été perçu bien différemment par les élèves, s'il avait été proposé d'emblée comme une fiche-guide, comme un protocole canonique à respecter. Survenant **après** les phases d'élaboration individuelles et collectives, il a pu être perçu par les élèves de façon **comparative** avec l'état des productions auxquelles ils étaient parvenus, et une valeur d'outil, permettant d'examiner la cohérence entre hypothèses, conditions expérimentales et conclusions, a pu lui être attribuée.

ou résulte d'une
mise à l'épreuve
pratique des
outils des élèves

Cette situation a été reprise avec une centration différente de l'enseignant et dans des conditions différentes qui ont permis l'utilisation effective des documents des élèves au moment de l'expérimentation. La mise à l'épreuve de ces documents a fait apparaître des insuffisances fonctionnelles. Les élèves ont été conduits à réaménager les conditions expérimentales, par exemple à introduire une dimension statistique. La prise de conscience **par la mise en pratique** a constitué une source de nouveaux progrès dans les compétences en cours de construction.

3.2. La vipère

(écrire des questions pour construire une interprétation)

Dans cette séquence, l'écrit est utilisé comme un moyen de fixer les doutes et les hésitations, de les valoriser, de les reprendre pour les confronter à de nouvelles données et de montrer qu'ils sont une étape de la démarche scientifique.

valoriser le doute
comme une
étape de la
démarche
scientifique

L'obstacle que l'on veut dépasser est celui de l'adhésion absolue à la première impression. Les élèves ont tendance à éliminer toute interrogation, et à fournir une interprétation qu'ils considèrent comme immédiatement juste. Si celle-ci se trouve remise en cause, ils penseront simplement qu'ils ont commis une erreur, que sans doute ils n'auraient pas dû laisser passer. Et telle est bien, en effet, la règle du jeu communément en vigueur à l'école, que les élèves intériorisent : on attend d'eux des réponses exactes. De ce fait, ils ont du mal à entrer dans une démarche de type scientifique, et à comprendre qu'une des choses qui la caractérisent c'est, en acceptant des erreurs potentielles, d'avancer des interprétations, sans perdre de vue qu'elles présentent un caractère hypothétique.

En choisissant de faire travailler les élèves sur le repas de la Vipère, on se place dans une logique où on veut les sensibiliser au fait qu'il est préférable de se méfier ! En effet, le comportement prédateur de la Vipère est loin d'être évident, puisque, dans un premier temps, l'animal mord sa proie en lui injectant du venin, et dans un deuxième temps, lorsque celle-ci est morte, elle la recherche puis la mange en commençant l'ingestion par la tête. Les organes des sens, en jeu dans le repérage de la proie, ne sont pas les mêmes dans les deux temps.

écrire des
interprétations
alternatives

Au cours de la première phase de la séquence, le professeur demande aux élèves de classer et d'interpréter une série de photos qui décomposent les phases du phénomène, en insistant sur le caractère "piégé", ambigu et incomplet de ces documents. La fiche que les élèves ont à remplir incite par exemple à proposer deux interprétations ; elle leur permet de conserver une trace de leurs doutes, car les photos qui leur posent problème doivent y être cochées en rouge. Les élèves sont ensuite invités à écrire les questions que leur posent ces photos cochées (document page suivante). Ainsi la forme même des écrits sollicités, induit les élèves à formuler des interprétations alternatives et des doutes.



Questions écrites par les élèves à propos de la photo "F"

- Je me demande ce que fait la souris en l'air.
- Pourquoi elle saute ? Pour se défendre , se sauver ?
- Est-ce qu'elle saute pour se défendre ou parce qu'elle est projetée par la vipère ?
- Je ne comprends pas pourquoi elle saute dans la gueule de la vipère alors qu'elle aurait pu se sauver.
- On ne sait pas si la vipère a attrapé la souris qui réagit ou saute, ou si elle saute de peur et se fait mordre.
- On ne sait pas si elle la lâche et la laisse tomber ou si la souris sursaute.
- La photo "F" m'a posé problème. Je me demande pourquoi.
- Je ne sais pas si la vipère attaque la bouche ouverte ou si la proie part.
- Elle se jette dans sa bouche. En se battant, elle s'est fait avoir parce qu'elle se fait piquer.
- Pourquoi la souris saute ? Avant d'être piquée ou après, de peur ou pour s'enfuir ?

permet de les
confronter et de
constater que
plusieurs sont
possibles

On demande ensuite à chaque élève de confronter son travail avec celui d'un élève voisin, de façon à rendre manifeste à tous la possibilité d'interprétations divergentes, pour une même série de données. Ces interprétations duelles sont alors affichées dans la classe, et font l'objet d'un examen comparatif. Même après discussions et ajustements, il apparaît que plusieurs façons, également plausibles, de lire la succession des photos, subsistent. Celles-ci restent donc toutes légitimes, alors qu'il est par contre illégitime, à ce stade, et en l'absence de données complémentaires, d'afficher une certitude interprétative. La "bonne réponse", ce n'est plus d'avoir deviné juste, c'est de disposer de plusieurs interprétations alternatives, et de conserver plusieurs questions en tête.

Le terme d'"interprétation" est pris ici dans un sens particulier. Il désigne le fait de rendre compte d'un comportement observé, de reconstituer un déroulement chronologique qui

prendre conscience que les certitudes hâtives sont un obstacle à la démarche heuristique

les interprétations proposées prennent le statut d'hypothèses qui seront confirmées ou infirmées par l'observation

se déroule de façon trop rapide pour être observé précisément et de s'aider pour cette reconstitution de suppositions sur les organes des sens en jeu dans le repérage de la proie. Cette activité permet d'attirer l'attention sur la phase de construction d'explications plausibles et sur l'importance du doute pour imaginer des explications en rupture avec ce que l'on croit voir ou ce que l'on croit savoir. Il n'y a pas de règle permettant de garantir la validité d'une démarche inductive, mais quelques principes dont celui du doute méthodique, favorisent la fécondité de la démarche.

Dans une deuxième phase, ces hypothèses légitimes vont être confrontées à des données nouvelles, par le visionnement d'un film scientifique. Mais avant ce visionnement, les élèves ont à cocher une ou plusieurs cases d'une fiche sur laquelle le professeur a récapitulé des interprétations proposées pour trois des photos. Il s'agit, par ce mode de travail, d'orienter le visionnement vers la confirmation ou l'infirmité des hypothèses. Chacun notera, sur la même fiche, ce qu'il a compris à propos de chaque photographie.

Comme pour l'exemple précédent, on voit que ce qui est probablement le plus décisif à travers ce travail, c'est la **modification du statut** des propositions didactiques du maître. Là, c'était la signification conférée au tableau qu'il proposait pour conduire l'expérimentation qui évoluait, ici c'est l'attitude face au document informatif qui se trouve transformée. Si, en effet, le visionnement du film était programmé d'emblée en début de séquence (comme auparavant celui sur les Chauves-souris), les élèves conserveraient leur comportement standard de recherche d'une "bonne et unique réponse". C'est le fait de faire précéder ce visionnement, d'un travail hypothético-interprétatif sur un classement de photos extraites du film, qui **problématise** ce visionnement, et met les élèves en situation d'y chercher des réponses à des questions qu'il se sont préalablement posées, de l'utiliser pour trancher entre des modes de lecture alternatifs déjà repérés.

4. LE PROJET DE FORMATION DE COMPÉTENCES DE RAISONNEMENT

Nous sommes en présence de séquences limitées dans le temps ; nous n'avons pas d'éléments d'information sur l'organisation à long terme d'un apprentissage, articulant des séquences de types différents. Ce que nous caractérisons ici, ce sont bien, précisons-le, les options épistémologiques mises en jeu dans ces séquences particulières, plutôt que les conceptions épistémologiques des enseignants qui les ont conduites.

Les deux premiers dispositifs conduisent les élèves à faire fonctionner une théorie. Les deux derniers introduisent une

démarche de pensée exploratoire. On peut remarquer que ce sont des séquences d'enseignement de la physique qui mettent l'accent sur le raisonnement déductif à partir de modèles formalisés et des séquences d'enseignement de la biologie qui mettent l'accent sur la construction d'hypothèses faisant une place à l'induction et ouvrant la possibilité d'erreurs et de doutes, avec un faible degré de théorisation. On peut se demander, si cette tendance était confirmée, dans quelle mesure elle serait liée aux caractéristiques des disciplines et dans quelle mesure elle serait significative d'une tradition scolaire à ce niveau d'enseignement, le collège.

4.1. Mise en forme textuelle et méthode expérimentale

Il apparaît de façon centrale dans l'exemple sur le cachet d'aspirine, mais également dans le suivant, que les élèves sont conduits à exprimer leur activité manipulative et déductive dans une "bonne forme", que le professeur s'efforce de ne pas imposer de façon normée, mais dont il se propose au contraire de leur faire saisir la signification et l'efficacité.

Ces séquences centrées sur la rédaction de comptes rendus développent la formalisation d'étapes dans le raisonnement. Dans la première séquence, l'expérience est insérée dans une argumentation reconstruite a posteriori. Des étapes sont définies qui jalonnent le raisonnement, non pas nécessairement comme un plan linéaire, mais comme un ensemble de raisonnements nécessaires : exposé du but de l'expérience, description du protocole, explication modélisée du phénomène, réponse à la question scientifique. La grille construite avec les élèves résume ce que doit comporter un compte rendu d'expérience, et joue le rôle de référent pour guider la rédaction.

Dans la deuxième séquence, l'accent est mis sur l'articulation précise entre l'explication théorique et les événements successifs du phénomène.

L'importance accordée à cette bonne forme tient probablement à plusieurs raisons convergentes, dont l'une à caractère rhétorique - centrée sur la communicabilité des messages écrits -, et une autre de type épistémologique - relative à l'acquisition d'une méthode expérimentale.

Ce sont alors des règles de rigueur logique et de cohérence qui garantissent la qualité du raisonnement déductif, et qui définissent des étapes identifiées pour ce raisonnement.

D'où l'insistance souvent mise pour que soient méticuleusement distingués résultats, interprétation et conclusion, comme une phase de réorganisation suivant une logique linéaire du raisonnement.

Les deux derniers exemples, plus centrés sur la fonctionnalité d'écrits intermédiaires que sur les normes d'un produit achevé, ne travaillent pas cette "bonne forme" de façon prio-

la mise en forme
du texte de
compte rendu

est dictée par
des règles de
rigueur et de
cohérence de la
chaîne
déductive

il n'y a pas de
méthode ou de
norme
équivalente pour
le raisonnement
heuristique

sinon la vigilance
critique et le
doute

ritaire, mais celle-ci conclut néanmoins le travail. Cependant l'accent est mis essentiellement sur la phase heuristique du raisonnement (11), qui n'apparaît pas dans les séquences précédentes. Il est plus difficile de définir une méthode et des normes pour un tel raisonnement. L'introduction du doute méthodique peut être considéré cependant comme une façon de favoriser la fécondité de ces raisonnements et c'est ce qui est développé à travers les demandes d'écriture d'explications multiples alternatives. La mise en forme finale prend alors un autre sens pour les élèves.

4.2. Rigueur dans la description de l'expérience

Le souci de mise en forme rigoureuse porte par ailleurs sur la précision du protocole expérimental.

une exigence de
précision du
protocole
expérimental

René Thom (12), qui questionne l'illusion de garantir l'intérêt de la recherche scientifique par le biais de la définition de procédures canoniques, situe l'apport de la "méthode expérimentale", non du côté de l'heuristique (*"je ne pense pas qu'il y ait une heuristique - un art de trouver - expérimentale qui soit en rien plus aisée ou plus facile que l'heuristique théorique"*) mais du côté d'un ensemble de règles déontologiques :

1. *Usage correct des instruments, évaluation objective des causes d'erreur et des bornes globales de l'erreur, honnêteté de la pratique, et fidélité des résultats.*
2. *Scrupuleuse précision et exactitude des protocoles de préparation et d'expérimentation (afin de permettre la reproduction de l'expérience)."*

que des dispositifs
de mise à
l'épreuve

Ces aspects sont mis en avant dans les trois premiers exemples. C'est la séquence avec la seringue qui va le plus loin dans l'exploitation pédagogique de la mise à l'épreuve fonctionnelle du texte, avec retour des utilisateurs vers les auteurs. Mais dans les trois cas les textes sont écrits par les élèves pour être utilisés soit par d'autres élèves, soit par eux-mêmes.

et d'analyse
comparative des
textes

Différents procédés de travail des textes, en particulier la comparaison de plusieurs textes et la réécriture, permettent de mettre en évidence les imprécisions, les ambiguïtés, les implicites. Ce qui est recherché, c'est une prise de conscience des conditions d'écriture du protocole qui rendent possible la reproductibilité de l'expérience décrite.

-
- 11 Éliane ORLANDI, in : "Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale", *Aster*, 13, 1991, caractérise deux épistémologies différentes à partir de la façon dont les enseignants qu'elle a interviewés conçoivent les démarches pédagogiques pour une même séquence expérimentale sur la digestion d'un aliment par la salive : la science comme un modèle de rigueur, de méthode, ou la science comme une démarche de tâtonnement, d'errance.
 - 12 René THOM. "La méthode expérimentale : un mythe des épistémologues (et des savants ?)", in : Jean HAMBURGER (dir.), *La philosophie des sciences aujourd'hui*. Paris : Gauthier-Villars, 1986, page 18, et, dans la discussion, page 57.

vont apprendre
à maîtriser

La centration diffère néanmoins : dans les deux premiers cas, où c'est une expérience déjà réalisée qui est décrite, on cherche à améliorer la communicabilité. Dans la séquence sur le lapin, le protocole anticipe l'expérience à réaliser et les élèves réfléchissent aux conditions de définition de ce protocole permettant la faisabilité de l'expérience et le contrôle des variables choisies.

4.3. Décrire et expliquer, les rapports entre théorie et expérience

la distinction
entre textes
descriptifs et
explicatifs

La distinction entre les textes descriptifs et les textes explicatifs occupe une place importante dans les dispositifs que nous venons d'analyser.

Une telle centration est caractéristique de l'enseignement des sciences expérimentales, où le statut du réel apparaît singulier. Alors que le travail sur la langue, ou de type mathématique, s'effectue principalement sur le signe (logique interne des propositions et de la chaîne déductive qu'on peut en tirer, rapports entre signifiant et signifié), le raisonnement expérimental porte aussi - et peut-être d'abord - sur les rapports entre référent et signe.

renvoie à la
relation entre
théorie et
expérience

Il faut bien dire que la complexité de la relation entre théorie et expérience (13) à laquelle elle renvoie n'est pas toujours perçue, et que domine encore aujourd'hui dans l'enseignement scientifique, une "philosophie spontanée" empreinte de positivisme : on observerait avec *précision* les faits expérimentaux, on les interpréterait avec *rigueur* grâce à la mise en jeu d'un raisonnement expérimental, on en *conclurait* telle loi, notion ou théorie.

les choix
d'enseignement
déterminent des
épistémologies
scolaires
différentes

Comme Samuel Johsua le souligne à propos de l'enseignement de la physique, la situation didactique introduit une contrainte particulière : elle "exige un "début" et une "fin", qui n'existent nullement en physique savante, et selon le type de coupure que l'on choisit, on crée une épistémologie scolaire très particulière. Si, par exemple, on décide de "partir de l'expérience", on devra présenter certaines des caractéristiques de cette dernière comme des données indépendantes (au moins fictivement) de la théorie que l'on développera à son propos. Des contraintes, de nature didactique, peuvent ainsi venir renforcer des options de nature clairement idéologiques". (14)

-
- 13 Il faut citer ici les analyses rigoureuses de Gabriel GOHAU, et particulièrement :
- "Faut-il raisonner logiquement ?" (actualité de la redécouverte), in : "Enseigner la biologie", *Cahiers pédagogiques*, 214, 1983.
 - "Pour un poppérisme relatif", in : *Biologie-Géologie (Bulletin de l'APBG)*, 1, 1984.
 - "Plaidoyer pour un inductivisme modéré", in : *Biologie-Géologie (Bulletin de l'APBG)*, 4, 1985.
- 14 Samuel JOHSUA. "Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement du secondaire" in "Expérimenter, modéliser", *Aster*, 8, 1989, page 34.

ici, la théorie est au point de départ,

le raisonnement hypothético-déductif privilégié,

l'option est constructiviste

avec des caractéristiques positivistes

Les séquences présentées ici opèrent un autre choix et placent la théorie au point de départ de l'activité.

Dans les deux premières, la théorie a été construite préalablement. L'expérience est proposée comme un nouveau champ d'application pour faire fonctionner cette théorie. C'est un raisonnement déductif qui permet de construire l'explication du phénomène provoqué (qui n'a pas par ailleurs le statut d'expérience dans le deuxième cas, j'y reviendrai).

Dans les dernières séquences, la construction de l'hypothèse, avec son caractère anticipatoire, est centrale. Le degré de théorisation est faible, on l'a vu, mais l'accent est cependant nettement mis sur l'aspect de construction intellectuelle d'explications plausibles, et sur le rôle argumentatif conféré à l'exploration du réel.

De ce point de vue, elles se démarquent d'une option strictement inductiviste.

On relève cependant des caractéristiques que l'on peut qualifier de positivistes. Ainsi dans les deux premiers cas, la théorie fonctionne, elle permet de rendre compte de façon satisfaisante de phénomènes nouveaux. Mais son champ de validité n'est pas envisagé, elle n'a pas le statut de vérité provisoire. L'expérience en définitive a surtout pour fonction de permettre aux élèves de s'approprier le modèle. Dans les derniers exemples, il n'y a pas à proprement parler de conflit cognitif, la construction du savoir se présente comme un processus linéaire, sans ruptures et sans remodelages. L'expérience ou l'observation jouent un rôle de confirmation qui n'est pas questionné.

4.4. Modification du cadre épistémique des élèves

L'insistance mise dans ces dispositifs sur la distinction entre ce qui relève de la description de faits expérimentaux ou de faits d'observation et ce qui relève de la théorie a pour objectif de répondre à l'obstacle d'adhésion à ce que l'on voit. Pour les élèves, spontanément, l'explication qu'ils donnent d'un phénomène est inscrite dans le phénomène lui-même, ils ont tendance à mêler syncrétiquement les deux. Comme le dit Jacques Désautels (15) :

"Les explications fournies par les jeunes enfants sont tributaires du cadre épistémique d'origine sensualiste qui oriente leurs productions intellectuelles. Celui-ci, sans doute largement inconscient, comporte des prémisses de la nature suivante :

- La réalité est extérieure et indépendante de la connaissance que l'on peut élaborer à son sujet, ce qui consacre en définitive la dichotomie sujet-objet.

15 Jacques DÉSAUTELS. "Développement conceptuel et obstacle épistémologique", in : BEDNARZ Nadine, GARNIER Catherine (dir.). Construction des savoirs. *Obstacles et conflits*. Ottawa : Cirade / Agence d'Arc. 1989.

dépasser la confusion synchrétique entre l'explication et l'observation

- *Les sens permettent aux êtres humains d'avoir un accès direct et immédiat à la réalité.*
- *L'explication d'un phénomène consiste ni plus ni moins à en produire une description fidèle.*
- *Les situations particulières nécessitent des explications particulières.*
- *Les phénomènes dits naturels sont souvent intentionnels, etc."*

le raisonnement scientifique articule les deux sans les confondre

Par delà les différences soulignées précédemment, les quatre séquences analysées ont pour point commun d'initier les élèves à un autre "jeu de connaissance", pour reprendre l'expression de Désautels, qui articule, sans les confondre, construction théorique et recours à la réalité. Ainsi dans l'expérience avec la seringue, une des tâches des élèves est de faire le tri entre la description précise du déroulement des événements successifs et l'explication qu'ils en donnent. Ce tri permet de mettre en question l'explication donnée et d'élaborer une nouvelle explication. La séquence sur la Vipère conduit les élèves à un traitement des informations qui implique un choix parmi plusieurs explications possibles.

la construction de connaissances métacognitives participe à cet apprentissage

Ces séquences engagent les élèves dans une analyse réflexive de leurs démarches. Les connaissances métacognitives que l'on veut ainsi construire font bouger le cadre épistémologique des élèves, tout en restant tributaire d'une épistémologie constructiviste mais qui reste teintée de positivisme. Les activités de production de textes jouent un rôle décisif de facilitation de la distanciation nécessaire pour cette analyse réflexive.

Le petit nombre de dispositifs analysés, leur caractère atypique par la centration sur l'apprentissage de compétences méthodologiques, la variété des contenus et des niveaux de classe, tous ces éléments rendent une généralisation impossible. L'apport d'une analyse de ce type réside dans le mode de questionnement qu'elle permet de préciser. Il est ici réalisé a posteriori, mais pourrait être repris au moment de la conception de dispositifs. Celle-ci gagnerait à expliciter l'épistémologie de référence qui organise les activités dans lesquelles les élèves sont engagés, et les raisonnements qu'ils apprennent à conduire.

Anne VÉRIN
Equipe de didactique des sciences
expérimentales, INRP