

ENSEIGNER LA "MÉTHODE EXPÉRIMENTALE" ?

BUTS ET PLAN DE L'ARTICLE

Traditionnellement on débute le cours de Sciences Physiques en École Normale, en confrontant les Normaliens à une situation de recherche. Par exemple, on leur demande de réaliser de "gros" cristaux de sulfate de cuivre, à partir d'une poudre de ce produit. Le but de cette activité est de leur faire prendre conscience des problèmes que pose la démarche expérimentale. Ainsi se pose-t-on un certain nombre de questions :

- Comment BIEN faire une observation ?
- Que prouve une observation ?
- Que peut-on conclure d'une expérience ?
- Comment BIEN faire une expérience ?

D'autres activités permettent de s'interroger sur la nature des théories en Physique. C'est pour certains Normaliens un sujet d'indignation, que de voir comment des théories sont abandonnées. Pourquoi ?

Dans cet article, j'ai voulu donner des éléments de réponse à ces questions. Il est constitué de deux parties. Dans la première, on trouvera la réponse des épistémologues aux questions précédentes. J'ai mis l'accent sur des problèmes qui semblent mal connus des Normaliens. C'est-à-dire le problème fondamental de l'induction, et la nature de ce que l'on appelle la logique. Cette première partie traite de trois sujets :

- L'OBSERVATION
- L'EXPÉRIMENTATION
- les THÉORIES

La seconde partie tire des conclusions de l'étude précédente sur le plan pédagogique. J'essaie également de situer l'enseignement des Sciences Physiques dans le cadre de cet enseignement.

L'OBSERVATION

A. Critique de l'opinion habituelle sur l'observation.

Traditionnellement on fait partir certaines découvertes scientifiques d'une observation. A-t-on un exemple dans l'histoire de Sciences Physiques d'une telle démarche ?

Un exemple que l'on donne couramment d'une telle observation féconde est la découverte des interactions électromagnétiques par Oersted. Par hasard une aiguille aimantée se serait trouvée près d'un fil conducteur... le courant électrique circulant dans ce fil conducteur, l'aiguille aurait bougé. Et immédiatement Oersted en aurait conclu l'existence d'une force électromagnétique. En fait, un article récent, paru dans *La Recherche*, montre que dans cette découverte Oersted avait été guidé par les conceptions de KANT sur les forces qui régissent la nature. Nous voyons ici un cas où une observation est guidée par des conceptions théoriques bien antérieures à la découverte expérimentale. Nous constatons en plus que ces conceptions sont en fait des conceptions d'ordre philosophique¹.

A contrario, IAN HACKING cite le cas de la découverte du fameux rayonnement fossile de 30 °K par PENZIAS et WILSON. Ce rayonnement fossile serait un "reste du BIG-BANG". C'est indépendamment de toute considération théorique que cette découverte a été faite.

Il y a dans la littérature autant d'exemples de découvertes faites à partir d'observations non directement issues d'une théorie que l'inverse.

Par contre, ce qui semble faire l'unanimité, c'est le fait qu'un esprit non prévenu fera difficilement une découverte à partir d'une observation. Pour pouvoir s'intéresser au rayonnement fossile, il fallait d'abord reconnaître qu'il y avait là une anomalie, quelque chose qui contredisait ce qui était tacitement reconnu par la communauté scientifique.

Sans cela on voit mal pourquoi on consacrerait tant d'efforts à élucider ces phénomènes... Comme le dit G. BACHELARD "l'expérience ne parle qu'aux esprits prévenus".

Ainsi, ne peut-on espérer que quelqu'un fera des découvertes ni même de simples observations à caractère scientifique en le plaçant simplement devant des objets à observer. On peut supposer qu'il existe une méthode d'observation, en fait, il existe bien des instruments et des méthodes techniques qui facilitent l'observation, mais pas de méthode indiquant ce qu'il faut observer. Carl HEMPEL² signale les déconvenues auxquelles s'exposent les sciences sociales lorsque, ayant fait une moisson d'observations, on s'aperçoit que celles-ci sont incomplètes, par manque d'idées directrices au départ.

Il est difficile que n'importe qui se plaçant devant un phénomène fasse une découverte ; il faut, pour qu'elle prenne un sens, qu'une observation soit dirigée par une idée préconçue ou qu'elle manifeste un écart à la normale scientifique. Ce n'est pas une affaire d'esprit d'observation mais une affaire d'implication dans une problématique.

Mais on peut poser le problème de façon différente :

- Est-il simplement possible d'imaginer que l'on puisse reconstruire la Science à partir d'observations pures en utilisant uniquement

¹ IAN HACKING *Concevoir et expérimenter* (C. Bourgeois Éditeur, 1989).

² CARL HEMPEL *Éléments d'épistémologie* (Armand Colin, 1972).

la logique. Dans ce qui suit, nous allons nous intéresser à une polémique qui a opposé certains philosophes des Sciences du vingtième siècle. Ce passage s'adresse surtout aux lecteurs intéressés par les problèmes d'épistémologie.

B. TENTATIVES DE RECONSTRUCTION DE SCIENCES À PARTIR DE L'OBSERVATION

Le problème peut sembler farfelu mais il a occupé, et occupe encore beaucoup de penseurs, je fais en particulier allusion aux membres du Cercle de Vienne³.

Ces savants prétendaient que la Science devait et pouvait s'exprimer, ou pour le moins être traduite dans des énoncés dits "énoncés protocolaires". Ces énoncés devraient être des rapports d'observation du genre : "tel jour à telle heure X a constaté que l'aiguille de tel appareil se trouvait en face de telle graduation". A première vue, il semble que l'on puisse reconstruire toute la Science à partir d'énoncés de ce genre.

Toutefois, comme le fait immédiatement remarquer K. POPPER⁴ à partir de tels énoncés, il est impossible de retrouver les lois générales de la physique, par exemple, la loi de la gravitation universelle car il faudrait réaliser un nombre infini d'observations. De même, le simple fait de définir ce que l'on appelle les termes dispositionnels, comme : "telle substance est soluble dans l'eau", pose de délicats problèmes de logique.

L'échec (peut-être apparent) du positivisme logique sur ce point montre que ce n'est pas à partir d'observations que se forment les théories scientifiques. De plus, les concepts tels que masse, force, etc., ne sont pas déductibles de l'observation.

Pour K. POPPER au contraire, l'expérience, qui est une observation préparée (cf. Claude BERNARD), ne se conçoit qu'à partir d'une théorie. Comme il le dit, c'est le théoricien qui pose des questions à l'expérimentateur.

De plus, la description que l'on fait d'une observation est aussi tributaire de l'avancement des Sciences donc des théories qui sont en vigueur à un moment donné. Que l'on songe simplement à la façon différente dont on peut décrire le monde, suivant que l'on a une idée de ce qu'est une réaction chimique ou pas.

De tout cela, il ressort que les énoncés qui traduisent les observations sont des énoncés qui constituent une décision de la part de l'observateur et seront donc sujets à discussion. Bref, il n'y a pas

³ Le Cercle de Vienne était constitué d'un ensemble de scientifiques de haut niveau. Ce groupe se réunissait à Vienne, car là avait été créée une chaire de philosophie de Sciences inductives. Les travaux de ce groupe en tant que tel se poursuivirent de 1922 à 1938. Mais cette école de pensée est encore vivante de nos jours à travers certains positivistes logiques (C. HEMPEL par exemple). Les penseurs adhérent à ce groupe prirent le nom de positivistes logiques ou d'empiristes logiques par la suite.

⁴ KARL POPPER, né en 1902, un des plus éminents épistémologues de notre époque. Il est aussi l'auteur de certains théorèmes de logique.

d'observation objective. *Toute observation est tributaire des opinions de l'observateur. L'observation en elle-même est insuffisante pour produire des faits scientifiques.* Mais supposons que nous ayons fait des observations qui nous semblent pertinentes. Dans quelle mesure pouvons-nous en tirer des conclusions ? Comment à partir de ces observations pouvons-nous inférer des lois générales ? On aura reconnu le problème de l'induction qui est au centre de toutes les discussions sur la nature des sciences expérimentales.

C. LE PROBLÈME DE L'INDUCTION

1. Position du problème

Le problème de l'induction se pose de plusieurs façons. On peut parler d'induction par exemple, lorsqu'un policier partant d'un certain nombre d'indices en infère un fait singulier (un tel est coupable). En Sciences, on passe plutôt d'une série de faits singuliers (observations ou expériences) à une série de lois générales. Quels moyens avons nous de savoir que telle loi scientifique est bien prouvée par telle expérience ou série d'expériences ? Il faudrait qu'à partir des faits d'observation, nous ayons un moyen sûr, une sorte de machine inductive qui nous permette d'inférer des lois générales. Il convient de s'arrêter ici pour se poser la question de savoir ce que l'on entend par logique. On appelle logique la branche des Sciences (traditionnellement une branche des Mathématiques) qui permet à partir de certains énoncés dont on décide qu'ils sont vrais d'inférer d'autres qui soient vrais de façon irréfutable. Cette logique est dite formelle si elle ne prend en compte que la forme des énoncés et non pas leur contenu (leur sens si l'on veut). Une telle tentative a déjà été faite dans l'Antiquité grecque. Cette logique a trouvé sa formalisation avec les travaux de divers logiciens du XXe siècle. Elle constitue maintenant la logique classique. Elle est basée sur l'utilisation de propositions ("phrases" susceptibles d'être réputées vraies ou fausses). Ces propositions sont liées entre elles par des opérations logiques (opération doit s'entendre au sens où l'on entend multiplication, addition, etc.). En utilisant ces opérations et ces propositions, on obtient de nouvelles propositions dont la vérité ne dépend que de la vérité des propositions élémentaires et des opérations logiques utilisées. Ce qu'il est important de voir c'est que cette logique est une logique vide. Ce qui veut dire que les théorèmes démontrés ne contiennent pas plus d'informations que n'en avaient les prémisses au départ du raisonnement. Nous n'entrerons pas plus avant dans la description de cette logique, mais sa "philosophie" est basée sur des principes très simples qui assurent que si on utilise bien les règles de transformation, on aura un raisonnement valide⁵. Le problème est bien entendu de voir comment ces règles peuvent se "brancher" sur la réalité.

⁵ Voir à ce sujet *Penser la logique* de G. HOTTOIS (Éditions Universitaires, 1989).

Les diverses solutions au problème de l'induction⁶

Il y a longtemps que l'on cherche à inférer des lois générales à partir d'énoncés particuliers. Autrement dit on cherche à INDUIRE des énoncés généraux à partir d'énoncés particuliers.

2. Les tentatives de solutions au problème de l'induction

ARISTOTE avait essayé de produire une logique formelle qui soit également une logique inductive. Mais il n'accordait pas une grande confiance à cette logique. Pour lui, la seule logique qui pouvait être fiable, était une logique déductive. C'est-à-dire une logique qui part d'axiomes généraux, et qui, au moyen de tautologies, fournit des résultats certains. De nombreux Philosophes se sont ensuite intéressés au problème de l'induction. Celui qui a le plus marqué de son empreinte ce problème est le Philosophe du XVIIIe siècle David HUME. HUME avait reconnu qu'il n'existait pas de "machine inductive". C'est-à-dire qu'il n'y avait pas de logique sûre permettant de passer de faits particuliers à des lois générales. Pourtant, nous utilisons tous les jours des inductions de lois générales faites à partir d'observations de faits particuliers. Ainsi, nous voyons chaque jour le soleil se lever, de là nous induisons qu'il se lèvera tous les jours. HUME expliquait cela en disant que nous pensions en fonction de l'habitude que nous avons de voir certains phénomènes se répéter.

Cela pose des problèmes. En effet si l'on admet cette solution au problème de l'induction, il faut également admettre que ce qui guide les hommes n'est pas la raison mais l'habitude. C'était en quelque sorte, signer l'arrêt de mort de la Philosophie rationaliste. Cette situation était intolérable pour de nombreux penseurs dont K. POPPER.

Aussi celui-ci prétendit-il avoir trouvé une solution à ce problème de l'induction, problème qu'il appelle le problème de HUME.

3. La solution de K. POPPER au problème de HUME.

"Je pense avoir résolu un problème philosophique majeur : le problème de l'induction". C'est par cette phrase que K. POPPER commence l'exposé de sa solution au problème de l'induction. Avant de lire la solution qu'il propose, il faut considérer que cette solution est une solution d'ordre logique. Elle n'est pas issue d'une quelconque découverte scientifique. Voici cette solution :

- Tout d'abord POPPER admet qu'il n'y a pas de logique inductive infaillible.
- Puis il nie que ce soit l'habitude qui nous permette d'agir.
- Enfin, il reformule le problème de HUME. Si on ne peut pas affirmer qu'une loi générale est vraie, ON PEUT TOUTEFOIS SAVOIR QUAND ELLE EST FAUSSE.

⁶ Cf. par exemple R. BLANCHÉ *L'induction scientifique et les lois naturelles* (PUF, 1970).

En effet, prenons l'exemple de la loi de la gravitation universelle. Elle indique que toutes les planètes (ainsi que tous les corps) s'attirent. Pour que cette loi soit vérifiée, il faudrait faire une infinité d'observations (pour être sûr que c'est vraiment une loi universelle). Par contre si nous découvrons que deux planètes se repoussent, alors, nous saurons que cette loi n'est pas universelle, qu'elle est fautive. Nous aurons RÉFUTÉ la loi. Nous en chercherons une autre qui soit plus fiable, plus universelle.

Ainsi pour K. POPPER nous agissons bien de façon rationnelle. Mais ce n'est pas en faisant des inductions, c'est en RÉFUTANT certaines lois. Nous en conservons d'autres PROVISoirement... jusqu'à ce qu'elles aient été elles-mêmes réfutées.

Bien entendu tout le monde n'est pas d'accord avec cette solution.

4. La tentative des positivistes logiques pour sauver la démarche inductive

La solution au problème de HUME proposée par K. POPPER, condamnait toute idée de Sciences basée uniquement sur l'observation. Un des plus éminents positivistes logiques, Rudolf CARNAP, proposa une solution qui, pensait-il, sauvait l'induction. Si l'on ne pouvait avoir la certitude qu'une loi était vraie, au moins, pouvait-on déterminer la "probabilité logique" qu'elle soit vraie. Cette probabilité logique est basée sur une théorie de la mesure développée par CARNAP. POPPER contesta ces idées, dans un célèbre chapitre de sa "Logique de la découverte scientifique".

Les arguments de POPPER devaient être pertinents, puisque CARNAP se proposait d'y répondre par un livre... qui n'est jamais paru.

Quoi qu'il en soit, je pense que l'on peut conclure :

Actuellement, il n'est pas possible de construire ou de reconstruire la Science uniquement à partir de l'observation et de la logique formelle.

EXPÉRIMENTATION

A. Opinion habituelle sur l'expérimentation et critique

Habituellement lorsque l'on parle de MÉTHODE EXPÉRIMENTALE, on songe à la suite d'opérations suivantes : observation, émission d'hypothèses, réalisation d'expériences, conclusion.

Pour certains, cette MÉTHODE est une MÉTHODE rigide. Il n'est pas question de changer l'ordre des étapes.

Nous avons vu ce qu'il faut penser du rôle de l'observation. Voyons maintenant ce qu'on peut penser de la suite : émission d'hypothèses, expérimentation, conclusion.

On fait remonter cette méthode à GALILÉE. Mais si on lit la façon dont il présente ses expériences, on voit qu'il était convaincu de la véracité de son hypothèse avant de faire son expérience. Il dit "quand

j'observe une pierre tombant d'une certaine hauteur à partir du repos et recevant continuellement de nouveaux accroissements de vitesse, pourquoi ne croirais-je pas que ces additions ont lieu selon la proportion la plus simple et la plus évidente"⁷. Cette certitude de résultat a même conduit certains commentateurs tels que A. KOYRÉ à douter de ce que GALILÉE ait bien réalisé les expériences qu'il indique⁸.

De telles études ont montré que d'une façon générale cette MÉTHODE n'était pas une méthode de recherche mais seulement une façon de présenter les résultats des expériences. C'est la présentation HYPOTHÉTICO-DÉDUCTIVE. Il n'est pas étonnant qu'il en soit ainsi. Comme le montre B. LATOUR (in *La science en action*) dans les situations de recherche, on travaille toujours dans des conditions limites. Les résultats sont toujours incertains. Donc conclure telle ou telle chose d'une expérience est souvent une affaire de confiance que l'on peut avoir en l'hypothèse.

La présentation hypothético-déductive est une façon de présenter des résultats et non pas une méthode de recherche.

Mais au moins peut-on dire, une fois que l'on a présenté les résultats de cette façon, que l'on est sûr de la vérité du résultat ? C'est ce que nous allons examiner.

B. La "méthode expérimentale" du point de vue logique et méthodologique

1. Le point de vue logique

Sur le plan logique, la méthode hypothético-déductive se présente de la façon suivante.

On part d'une hypothèse H, on en déduit une conclusion C. Si on observe un fait qui confirme la conclusion C alors on dit que l'hypothèse H est vraie. Ce que l'on peut traduire par

Si H implique C
et que C est vraie
alors H est vraie.

Apparemment, c'est imparable puisque l'on fait des déductions et non des inductions. En fait, on montre que ce mode d'inférence n'est pas un mode d'inférence valide. Le fait que la conclusion soit vraie n'implique pas que l'hypothèse soit vraie⁹. Le seul mode d'inférence valide est celui qui permet de conclure que l'hypothèse est fautive parce que l'on constate que la conclusion est fautive. En d'autres termes :

Au plan logique les seules expériences valables sont celles qui INFIRMENT une hypothèse.

⁷ Cité par J. MERLEAU-PONTY dans *Leçons sur la genèse des théories physiques*, Éditions Vrin, 1969).

⁸ Voir l'article de P. THUILLIER dans le numéro 143 de *La Recherche*.

⁹ Voir C. HEMPEL ; op. cit.

Mais après tout rien n'indique que les Sciences doivent se plier à la logique formelle. Il est possible qu'il existe une méthode expérimentale pour atteindre la vérité.

2. Le plan méthodologique

Cette idée qu'il existerait une méthode pour faire sans se tromper des expériences remonte à Francis BACON penseur anglais de la fin du XVIe et du début XVIIe siècle. Il inventa des "tables" qui permettaient de tirer à coup sûr des conclusions des expériences. DESCARTES s'en inspira pour établir ses *Règles pour bien conduire sa pensée*. Comme le montre BACHELARD dans le chapitre VI du *Nouvel esprit scientifique*, l'idée d'une méthode unique et permanente en Sciences ne saurait être retenue. C'est plutôt le contraire qui est vrai, les méthodes utilisées en Sciences changent constamment.

Parmi les prescriptions méthodologiques que l'on rencontre habituellement dans la littérature consacrée à la "méthode expérimentale", il y a ce que l'on appelle la séparation des variables. Voici en quoi elle consiste :

- on essaie de déterminer TOUS les facteurs (variables) qui interviennent dans un phénomène. Puis on maintient constants tous les facteurs sauf un que l'on fait varier et l'on voit comment varie le phénomène considéré. On obtient ainsi une LOI mathématiquement traductible. Prenons un exemple :

Si je veux trouver une loi qui régit l'évaporation des liquides, je peux procéder de la façon suivante. Je vais d'abord essayer de voir l'influence de la surface libre du liquide. Pour cela, je place dans deux récipients dont l'ouverture a des dimensions différentes la même quantité de liquide, puis j'observe dans quel récipient le liquide s'évapore le plus vite. Et je conclus.

On peut tout d'abord faire remarquer que dans cette expérience j'ai fait varier au moins DEUX facteurs : la surface libre du liquide et la hauteur (H) du liquide. Il aurait fallu que je montre d'abord que la hauteur de liquide dans le récipient n'a pas d'influence sur l'évaporation. Mais comme de toutes façons j'utiliserai deux récipients différents, je n'arriverai jamais à faire varier une seule variable à la fois.

En outre, il existe en théorie, une infinité de variables qui peuvent intervenir dans un phénomène. Si je choisis d'étudier une de ces variables, c'est que j'ai, avant de faire des expériences, une idée sur les lois qui régissent le phénomène. On peut conclure :

La méthode de séparation des variables utilisée seule, sans idée a priori, sur les lois qui régissent un phénomène, ne peut conduire à un résultat scientifique.

La véritable méthode serait :

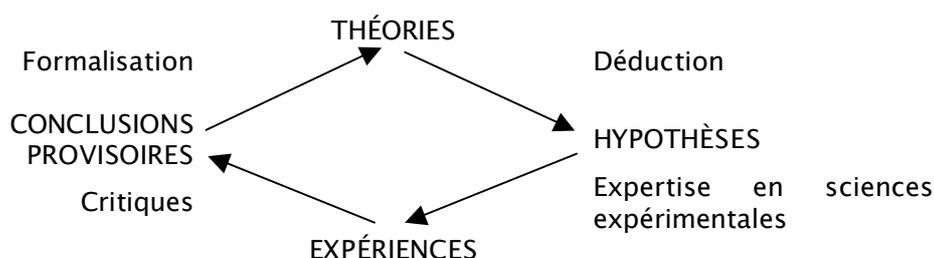
- on choisit *a priori* un facteur.
- on maintient constant, autant que faire se peut les autres facteurs, qui sont *supposés* agir sur le phénomène.
- on réalise l'expérience.
- on *critique* les résultats.

- on prend une *décision* sur la *conclusion* que l'on doit tirer de l'expérience.

Ainsi, le résultat d'une expérience est-il toujours le résultat d'une décision. Par conséquent, ce résultat n'est jamais sûr. Ceci est vrai pour les expériences simples telles que celle que nous avons citée, mais c'est aussi vrai dans le cas d'expériences plus sophistiquées. Ainsi l'expérience très classique de MILLIKAN, semblait dire au début du vingtième siècle, que la plus petite charge pouvant exister était celle de l'électron. Or, on a maintenant de bonnes raisons de croire que certaines particules, les quarks, possèdent une charge inférieure à celle de l'électron.

La conclusion d'une expérience doit être soumise à la critique. Cette conclusion est toujours révisable.

Plutôt que de parler de méthode expérimentale, il convient de parler de démarche expérimentale. On peut symboliser cette démarche par une suite de cycles tels que celui qui est représenté ci-dessous (d'après G. BENEZE, in *La méthode expérimentale*, PUF, 1907).



Cycle élémentaire de la méthode expérimentale

3. Méthodes et expertise en Science Expérimentale

Pour avoir pu discuter de cela avec des chercheurs, il me semble que l'on peut affirmer : s'il n'existe pas une méthode pour faire des expériences, il existe *des* méthodes pour réaliser telle ou telle expérience. Ainsi, il existe des méthodes pour faire des analyses chimiques, des méthodes pour mesurer les grandes distances, etc.

Le praticien de la méthode expérimentale sera celui qui déjà, possède une bonne connaissance de ces méthodes. Mais ce n'est pas suffisant. Il faut encore qu'il sache utiliser à bon escient ces méthodes. Pour cela, il n'y a pas de règle absolue. C'est une affaire *d'expertise*. L'expert est celui qui possède des connaissances, mais aussi une pratique. L'expert intègre cette pratique sous forme de règles qui lui sont propres. Si l'on veut se convaincre de cela, on peut lire *La vie de laboratoire* de B. LATOUR (éd. La Découverte, 1988).

Ces règles ne sont toutefois pas du domaine de l'indicible. Elles sont exprimables par l'expert, dans les cas bien déterminés où il les applique. Une partie de la formation du praticien des sciences expérimentales consiste à prendre connaissance de ces règles.

THÉORIES

A. Le problème

A partir de ce qui précède, on peut se douter que les vérités scientifiques ne sont pas des vérités immuables. Ce qui nous amène à nous interroger sur la nature de ce qui est censé résumer les convictions des scientifiques. Je veux parler des théories.

Bien entendu, il n'y a pas d'accord parmi les épistémologues sur ce que sont les théories et d'une façon plus générale sur ce qu'est la Science.

Je donnerai succinctement l'opinion de deux épistémologues qui sont représentatifs des divers courants de pensée concernant la nature de la Science. Je veux parler de K. POPPER (toujours lui) et de T.S. KUHN. Les opinions de ce dernier étant intéressantes à connaître pour le didacticien des Sciences.

B. Les théories scientifiques comme des conjectures

Pour K. POPPER, la Science progresse par CONJECTURES et RÉFUTATIONS. C'est-à-dire que l'on commence par émettre des théories. Celles-ci ne sont que des conjectures. C'est-à-dire des hypothèses. On conserve ces théories tant que des expériences ne sont pas venues les mettre en échec, les réfuter, dit POPPER. A ce moment-là, on cherche une autre théorie qui convienne mieux pour expliquer les phénomènes observés. Cette nouvelle théorie sera conservée de façon provisoire jusqu'à ce qu'elle soit à son tour réfutée. Ainsi dit POPPER :

"Le jeu de la Science est un jeu sans fin. Celui-là se retire du jeu qui décide un jour que les énoncés scientifiques ne requièrent pas de test ultérieur et peuvent être considérés comme définitivement vérifiés".

Ainsi, les théories scientifiques ne sont que des vérités provisoires. Toutefois, les diverses théories successives peuvent être considérées comme des approximations valables dans certains cas.

On a reproché à POPPER de dire plutôt ce que devrait être la Science plutôt que ce qu'elle est en réalité. C'est la critique que lui a adressée T.S. KUHN qui se présente comme un historien des Sciences.

D. Les théories en tant que composantes d'un paradigme

Pour KUHN, la Science s'organise autour d'un paradigme. Parmi les nombreuses significations qu'il donne à ce terme on peut retenir celle-ci : "un paradigme à un moment donné de l'évolution des sciences, est un ensemble de théories, d'appareils, de grandeurs physiques, de problèmes... auxquels les scientifiques croient fermement." On voit que cette définition du paradigme place la construction des Sciences du côté des faits sociaux. Le rôle des scientifiques est de résoudre des énigmes (problèmes) qui se posent dans le cadre de ce paradigme. C'est ce qu'il appelle l'activité de la Science normale. Parfois dans le cadre de cette Science normale, on tombe sur des éni-

mes que l'on n'arrive pas à résoudre dans le cadre du paradigme régnant. La Science entre alors en crise. Pour sortir de cette crise, il faut changer de paradigme. C'est ce que KUHN appelle réaliser une RÉVOLUTION SCIENTIFIQUE¹⁰.

Cette conception semble rendre assez bien compte de l'évolution des Sciences. Toutefois, on a fait remarquer à KUHN que les Sciences sont toujours plus ou moins en crise puisque il y a toujours des énigmes non résolues.

E. Éléments du paradigme actuel

Il semble bien toutefois que nous soyons dans une époque où le paradigme des Sciences Physiques s'est stabilisé.

Certains Scientifiques appellent ce paradigme le "noyau dur de la Science" (G. COHEN-TANOUDJI). Pour eux, ce noyau dur est constitué entre autres par les théories de la relativité généralisée et de la mécanique quantique relativiste. Les énigmes qui resteraient à résoudre seraient, par exemple, de trouver une formule qui décrive toutes les interactions entre les particules.

Ce paradigme inclut à un niveau élémentaire le fait que l'on croit que la nature peut être décrite au moyen d'un certain nombre de grandeurs physiques fondamentales. C'est-à-dire la distance, la masse, l'énergie, etc. Et que l'on croit que tout peut être décrit en combinant ces grandeurs. On pense aussi que la façon dont on combine ces différentes valeurs est une approximation valable d'une description qui serait complète.

Le paradigme actuel n'est sans doute pas définitif. Toutefois, il existe un noyau dur de convictions, qui doit être l'objet de l'enseignement.

LES CONSÉQUENCES POUR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

A. Le problème

Ce qui frappe lorsque l'on débute dans l'enseignement des Sciences dans le secondaire, c'est que les élèves et l'enseignant ne raisonnent pas suivant les mêmes évidences. Après avoir exposé ce qu'est une force ou une quantité de mouvement, après avoir bien réalisé l'Expérience qui prouve l'existence de quelque chose, on s'aperçoit qu'une bonne partie des élèves sont incapable d'utiliser correctement ce qui vient de leur être montré. Ils semblent se dire :

- mais de quoi est-il donc en train de parler ?
- pourquoi cette expérience est-elle censée montrer cela ?
- voyons, dans ce problème, que dois-je utiliser ? La masse, le poids ?

¹⁰ T.S. KUHN *La structure des révolutions scientifiques* (Éd. Flammarion, 1983).

Bien souvent, l'enseignant ne voit pas pourquoi l'élève ne voit pas.

La brève étude épistémologique que nous venons de faire plus haut semble apporter des réponses. Il est impossible à partir de simples observations d'induire un concept physique, la logique de la physique n'est pas une logique évidente. Or, pour l'enseignant qui a intégré les concepts de la physique, ceux-ci sont évidents. Pour l'enseignant, l'expérience "parle". Il va donc s'efforcer de faire partager à l'élève cette évidence. Si l'élève ne comprend pas, il sera accusé de manquer de sens physique, de n'avoir pas écouté, d'avoir mal lu le texte...

Lorsque l'élève arrive dans le second cycle du secondaire, bien souvent les jeux sont faits. L'élève aura développé ses propres stratégies d'explication du réel, qui lui sont suffisantes pour agir quotidiennement. Ces représentations interféreront avec ce qui lui est enseigné en Sciences Physiques. Il tentera de "raccrocher" ses propres évidences (ses représentations) aux "évidences" de la Science. Mais comme, répétons-le, rien là-dedans n'est évident, l'incompréhension est fatale.

Une bonne partie des difficultés seraient résolues si l'on voulait présenter honnêtement les Sciences. C'est-à-dire comme une construction, qui s'est formée historiquement, et non pas comme quelque chose d'évident. L'élève ne se trouverait pas alors dans cette situation où on lui demande de trouver naturel ce qui ne l'est pas.

Suivant un mot à la mode, il s'agit de faire vivre en tension deux systèmes de représentations :

- les représentations propres à chacun, et qui sont adéquates pour l'action dans la vie courante,
- les concepts propres à la Science qui sont utilisables lorsque l'on s'intéresse à une certaine catégorie de problèmes.

Le problème que doit résoudre l'enseignant n'est pas de convaincre l'apprenant que ce que dit la science est vrai. Le problème est de lui rendre accessible et utilisable les éléments du paradigme scientifique actuel.

B. Vers un partage des tâches

Il serait outrecuidant de vouloir ici assigner un rôle à chaque niveau de l'enseignement primaire et secondaire. On voudra bien considérer ce qui suit comme un constat des diverses tendances qui semblent se faire jour actuellement.

1. Au niveau du second cycle du secondaire

Là, il est bien clair que l'on doit commencer à apprendre à "manipuler" certains concepts très élaborés, tels que ceux de quantité de mouvement ou de moment cinétique. Cette "manipulation" se fait en particulier à l'occasion de résolutions de problèmes. Que ces problèmes soient posés à partir d'un texte écrit ou à partir d'une situation

expérimentale. Dans chacun de ces deux cas, pour réussir, l'apprenant doit avoir intégré le "mode d'existence des concepts physiques". Il doit avoir une connaissance qualitative de ce qu'est une force, de ce qu'est un gaz. Pour que l'apprenant soit à même d'utiliser efficacement ces concepts, il faut qu'il ait intégré un certain nombre de faits expérimentaux et de modèles qui vont se trouver en quelque sorte "sublimés" dans le concept physique. Cela suppose bien entendu qu'il ait été mis en contact avant avec les entités qui comptent pour le Physicien.

Ces entités sont, en particulier, des modèles auxquels nous croyons fermement.

Par exemple, la structure atomique de la matière, l'existence d'ions, la description des interactions entre objets au moyen de forces, ou d'énergie. Par exemple aussi des lois telles que la conservation de la matière.

Il est tout de suite important de faire remarquer que ces modèles sont accessibles sans mathématisations excessives.

Il me semble que ce serait le rôle du premier cycle du secondaire que de conduire à l'élaboration de tels modèles. Si l'on veut que cette élaboration soit effective, il faut s'en donner le temps. Il faut que l'élève puisse effectivement développer des représentations efficaces. Cela ne peut bien entendu pas se faire au moyen d'exposés faits par le professeur. On peut voir ce que pourrait être un tel enseignement en consultant les articles mentionnés dans le présent numéro de SPIRALE. On se rendra compte que ces activités de création de modèles nécessitent du temps. De plus, elles supposent que les enfants possèdent déjà un minimum de connaissances concernant les phénomènes physiques. Par exemple, si on veut leur faire créer un modèle du courant électrique, il faut que les enfants aient réalisé des circuits qui, en quelque sorte, matérialisent ce modèle. Il en est de même pour l'étude des changements d'états de la matière. Lorsque l'on aborde ceux-ci, il est indispensable que les élèves aient une expérience des différences qui peuvent exister entre la dissolution, la fusion, les changements d'états physiques et les réactions chimiques. De plus ces activités de modélisation doivent faire appel à des expériences effectuées par la pensée. Par exemple si l'on veut faire utiliser le modèle particulaire de la matière, il faut que l'enfant imagine qu'il fait des expériences avec des particules, alors qu'il ne les fait pas effectivement. Pour que cela soit possible, il faut que l'apprenant ait déjà réalisé des expériences avec des objets bien visibles et bien concrets. Cela lui aura appris à raisonner en fonction des propriétés des objets qu'il étudie et non pas en fonction de ses propres opinions. En d'autres termes, il aura appris à se séparer du monde qui l'entoure. Ce sont tous ces savoirs et ces attitudes que devraient posséder les enfants arrivant en sixième.

Outre le facteur temps qu'il faut prendre en compte, on doit s'interroger sur les attentes des enfants. Un enfant du vingtième siècle entrant en sixième ne peut être que déçu si sous le titre de Physi-

que on lui propose des activités telles que réaliser de petits circuits électriques qu'il était déjà capable de construire lorsqu'il avait six ans. On sait toute l'importance que revêt pour les apprentissages l'intérêt qu'il porte à ce qu'il fait. Il est donc déterminant d'adapter les situations proposées à l'âge des enfants... et surtout de ne pas sous-estimer les possibilités des élèves.

2. Les particularités de l'enseignement des sciences au primaire

a. Questions de frontières

• Sciences et Technologie

Une des questions qui revient souvent lorsque l'on anime des stages de formation continue est : quand faisons-nous des Sciences et quand faisons-nous de la technologie ?

Il est vrai que la confusion peut régner. Les deux disciplines s'expriment à travers des objets ou des matériaux. Dans la société actuelle, la Technologie est étroitement dépendante de l'évolution des Sciences. Que l'on songe par exemple à l'impact économique de l'invention du transistor. Cette invention étant la conséquence de l'évolution des théories scientifiques sur la Physique du solide. De plus la frontière entre les deux disciplines est mal délimitée. Lorsque les Japonais investissent des sommes énormes dans des recherches théoriques permettant de réaliser des composants, ou de construire des ordinateurs de la cinquième génération, font-ils des Sciences ou de la Technologie ? Il est certain que les chercheurs qui s'occupent de cela ont un haut niveau scientifique.

Une récente circulaire sur l'enseignement des Sciences et de la Technologie dans les Écoles Normales établit qu'en général ces deux enseignements doivent être confiés à des formateurs différents. Mais rien n'indique que ces deux disciplines ne doivent pas coopérer.

Pour l'instant, il n'y a pas de nouvelles instructions concernant l'enseignement des Sciences et de la Technologie au Primaire. La distinction concerne essentiellement les sujets traités. Mais on peut aussi traiter des sujets scientifiques au moyen d'activités d'"apparence" technique. Nous verrons cela plus bas.

Au primaire, la distinction entre Sciences et Technologie reste avant tout une affaire de visée pédagogique. Il est des domaines, définis par les instructions officielles, où ces deux disciplines coopèrent naturellement. Ce sont l'étude des machines modernes (ordinateurs, robots) et l'électronique.

• Sciences Physiques et Sciences Naturelles

Traditionnellement, ces deux matières sont classées sous le nom de Sciences Expérimentales.

Il existe des similitudes : le recours à l'expérimentation, la référence à la mesure, l'utilisation de certains concepts communs (énergie, par exemple).

Il existe néanmoins des différences notables entre les deux Sciences :

- la méthodologie n'est pas la même. Jusqu'à un certain niveau, on fait plus appel à une observation directe en Sciences Naturelles qu'en Sciences Physiques. Les Sciences Physiques font plus appel à une expérimentation strictement contrôlée.

- les concepts utilisés ne sont pas les mêmes. Par exemple, le concept d'écosystème ne se retrouve pas au niveau de la Physique. De même, les notions fondamentales concernant, par exemple, le magnétisme ou l'électricité ne se retrouvent pas en Biologie.

- les données psychologiques et pédagogiques ne sont pas les mêmes (ceci concerne les enfants du primaire). Le statut des représentations qu'ont les enfants dans les deux matières n'est pas le même. En effet, un enfant peut avoir une représentation inadaptée sur la façon dont il se déplace ou la façon dont il mange, il n'en est pas moins vrai qu'il sait qu'il possède des jambes, et des dents. En Sciences Physiques rien de tel, une force n'existe pas pour lui, pas plus qu'une masse. Ce sont justement ces notions qu'il doit acquérir en Sciences Physiques. En revanche, les paramètres d'une expérimentation sont beaucoup plus faciles à maîtriser en Sciences Physiques qu'en Sciences Naturelles. Les expériences en Sciences Physiques sont plus faciles à reproduire qu'en Sciences Naturelles. Bien entendu ces deux facteurs facilitent l'enseignement des Sciences Physiques au primaire.

De tout cela, on peut conclure ce qui suit :

Du fait de la différence entre les problèmes qui se posent en Sciences Physiques et en Sciences Naturelles, et des différences de méthodes, ces deux enseignements ne sont pas substituables l'un à l'autre. Ils ont chacun leurs objectifs.

b. Méthodes, finalités, activités dans l'enseignement des Sciences Physiques au primaire

L'idée qui est défendue ici est que l'un des buts de l'enseignement des Sciences Physiques au primaire est de rendre possible l'acquisition des notions et des méthodes propres aux Sciences Physiques. C'est donc uniquement dans ce sens que nous examinerons les activités et les finalités de cet enseignement. Bien sûr, il est d'autres finalités, telles que la socialisation de l'enfant, la connaissance du milieu où il vit, mais ce ne sont pas ces finalités qui sont traitées ici.

- Distinction entre méthodes scientifiques et méthode pédagogique

Lorsqu'on assiste pour la première fois à une activité de Sciences Expérimentales dans une classe primaire, on ne peut qu'être sur-

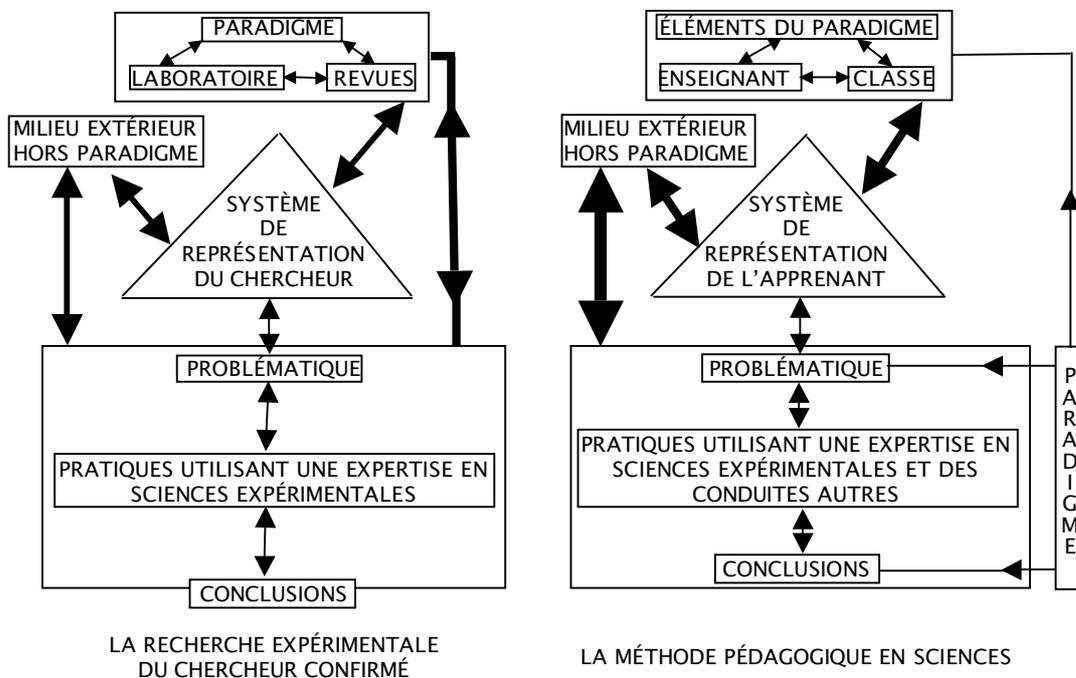
pris. On voit des enfants qui manipulent des objets, qui se posent des questions, qui discutent entre eux... On est bien loin de la leçon de Physique traditionnelle.

Que font-ils exactement ? On a l'impression que les enfants sont livrés à eux-mêmes et font librement des expériences.

Sont-ils en train de se livrer à une recherche scientifique ? Après ce que nous avons dit dans le cadre de l'étude de certaines caractéristiques des Sciences, on doute qu'ils aboutissent à quelque chose.

Sont-ils en train de découvrir par hasard un phénomène ? Là encore, d'après ce que nous savons des Sciences, il est difficile que cela aboutisse.

Sont-ils en train de s'amuser à bricoler ? N'est-ce pas une perte de temps ? La réponse à ces questions est simple. Ils sont en train d'apprendre les Sciences Physiques en utilisant une méthode pédagogique appropriée à la matière qu'ils étudient et à leur âge.



La différence entre les deux méthodes provient surtout des relations avec le paradigme.

La méthode qu'ils suivent n'est pas une MÉTHODE SCIENTIFIQUE, c'est une MÉTHODE PÉDAGOGIQUE qui a été décidée par l'enseignant.

Ce qui crée la confusion, c'est qu'extérieurement cette méthode rappelle la méthode expérimentale. On y retrouve des observations, des mesures, des expérimentations. En général, tout comme en Recherche, on part d'une énigme à résoudre. On discute à partir des connaissances que l'on croit avoir sur le sujet. On essaie d'interpréter des résultats. Le schéma ci-contre montre ces similitudes.

Comme les Chercheurs Scientifiques, l'enfant observe, invente, assimile des concepts nouveaux. Ce faisant, il acquiert une compétence dans ces divers domaines.

Cette méthode d'enseignement des Sciences semble naturelle. On a du mal à comprendre ce qui a pu nous paraître surprenant. En fait, la pratique de ces activités repose sur un certain nombre d'évidences. Tout d'abord, nous avons vu que des expériences ou des observations n'avaient en elles-mêmes que peu de signification. Il n'est donc en général pas très efficace de procéder sans aucune préparation préalable à de telles "monstrations".

La méthode qui semble la plus appropriée est celle qui consiste à lui permettre de reconstruire ou de se préparer à reconstruire certains concepts scientifiques.

On peut citer à l'appui de ces méthodes les travaux de VIGOTSKY. Pour cet auteur, la formation des concepts Scientifiques est précédée de la formation de "complexes" d'images, d'idées, de mots. Les activités scientifiques au primaire permettent la formation de tels complexes. Si l'on veut s'informer plus complètement sur les justifications de cette méthode, on pourra consulter Une pédagogie pour les sciences expérimentales d'A. GIORDAN. Il faut néanmoins tenir compte d'un certain nombre de critiques qui sont souvent émises.

- Objections... et réponses

On oppose à la pratique de ce genre d'activités l'argument suivant : pour que l'enfant s'intéresse aux activités qu'il fait, il faut que les questions qu'il se pose viennent de lui, ou du milieu dans lequel il vit. Or, comme nous l'avons dit ces questions conduisent rarement à la formulation de problèmes scientifiques.

Il suffit d'avoir passé quelques temps dans une classe pour savoir que ce qui motive l'intérêt de l'enfant, c'est autant l'activité elle-même que le problème posé. Une motivation installée une fois pour toutes en début d'activité n'existe pas. D'ailleurs tout instituteur un peu expérimenté arrivera s'il le veut à faire poser la "bonne question". Il vaut mieux être franc... et poser clairement un problème. Ce qui importe, c'est que celui-ci soit compréhensible par l'enfant. Pour cela, il existe des techniques pédagogiques. Par exemple proposer la réalisation de tel bricolage qui devra produire tel effet.

Quant au milieu dans lequel l'enfant vivrait, c'est celui dans lequel l'adulte veut que l'enfant vive. Faire découvrir à l'enfant tel ou tel aspect de la réalité n'est pas une décision d'ordre pédagogique, mais d'ordre idéologique.

On objecte souvent : l'enfant livré à lui-même ne peut pas redécouvrir la Science. Ou encore, l'enfant trop "encadré" ne pourra se livrer à ses propres expériences. C'est exact et c'est bien pourquoi le rôle de l'enseignant est primordial. Dans ces activités scientifiques, le formateur intervient en tant que Pédagogue et non pas en tant que Scientifique, ce qui devrait rassurer les Instituteurs.

L'enseignant possède, bien entendu, plusieurs moyens pour agir sur l'activité de l'enfant :

- susciter des dialogues entre les élèves,

- susciter des regroupements de toute la classe pour faire le point sur la question étudiée,

- mais on n'attire pas assez l'attention sur le rôle que peut jouer le choix du matériel. A la limite, comme c'est le cas dans certaines activités touchant à l'électricité, il est possible d'induire certains comportements des élèves, rien qu'en présentant un matériel approprié. Mais alors, on est plus dans le cas d'une manipulation de l'enfant que dans une situation d'enseignement.

- il est des situations qui permettent à l'enfant de se livrer à des activités très proches des activités authentiquement scientifiques, et d'agir avec une grande autonomie. Ce sont des situations qui partent d'un problème posé à partir d'un matériel concret et dont la solution se manifeste concrètement.

Par exemple, au Cours Préparatoire¹¹, on demande aux enfants de réaliser des ombres à l'aide d'un cache opaque, d'un écran et d'une source lumineuse. Ce n'est pas du tout évident pour eux. Ils placent le cache derrière la source lumineuse, du côté de l'écran opposé à la source lumineuse, ou même à l'intérieur de leur bureau. En fin de séance, on s'aperçoit que pour qu'il y ait une ombre sur l'écran, il faut que le cache opaque soit entre la source et l'écran. L'enfant a librement manipulé (à partir d'un problème fermé, il est vrai). Si l'on réfléchit un peu on s'aperçoit qu'il peut, à partir de là, construire la notion de source lumineuse, de propagation de la lumière... Notions que bien peu d'adultes possèdent. Remarquons que ces activités sont des activités d'ordre scientifique et non pas technologique. Il n'est pas nécessaire de faire intervenir des considérations sur l'esthétique ou la rentabilité de la réalisation effectuée.

Arrêtons là ce bref exposé de ressources que possède l'instituteur et donnons pour terminer des exemples des finalités qui peuvent être celles de l'enseignement primaire en Sciences Physiques.

- Quelques finalités pour l'enseignement des Sciences dans l'enseignement primaire

- Maîtrise de grandeurs physiques essentielles

Par exemple, longueur, distance, poids, volume, et leur mesure. Cette finalité est bien connue, et on peut se demander si un enseignement particulier de ces notions est nécessaire. En fait, il est des questions que les enfants se posent et dont la réponse n'est pas évidente pour eux. Par exemple une ficelle a-t-elle la même longueur lorsqu'elle est repliée que lorsqu'elle ne l'est pas ? Le volume d'un corps varie-t-il si l'on modifie sa forme, etc. La réponse à la première question par exemple n'est pas déductible d'une expérience. Si l'on veut réaliser une mesure de la corde pliée, il faudra plier le "mètre" qui sert à la mesurer. Celui-ci a-t-il alors la même longueur que lorsqu'il est déplié ? Ce n'est qu'après avoir utilisé des ficelles dans des

¹¹ Observation effectuée dans la classe de Mme ROSSINI. École Pasteur de Lille.

situations variées que l'on arrivera à concevoir qu'effectivement il vaut mieux penser que la longueur se conserve. Ce qui est dit là, concerne aussi toutes les autres grandeurs que l'on peut qualifier de Piagétienne. On manipule ces grandeurs dans des situations concrètes. Il n'est pas nécessaire que l'enfant ait franchi tous les stades permettant la maîtrise des opérations formelles, pour agir. On me dira que finalement tous les adultes acquièrent ces notions de base, et que, par conséquent, elles ne nécessitent pas un enseignement particulier. En sommes-nous bien sûr ? Dans la vie courante, c'est indéniable. Mais si l'on pose la question dans des circonstances particulières, un examen par exemple, c'est moins évident. N'y a-t-il pas des adultes qui ne sauront pas distinguer clairement entre forme et volume ? entre volume et masse ? entre poids et masse ?

Or, la plupart de ces notions devraient être sinon maîtrisées, du moins bien éclaircies lorsque les enfants arrivent dans le second cycle.

A côté de ces notions, il en est d'autres plus physiques. Citons la notion de force. Il est difficile de bien représenter et de bien se représenter une force. Témoignent de cela les nombreuses erreurs que font les élèves lorsqu'ils traitent des problèmes de mécanique. Une façon de faciliter la compréhension de la notion de force est de jouer avec des poulies de jouets mécaniques. Et d'essayer d'expliquer ce qui se passe. Mais tout cela est largement développé dans les ouvrages de didactique des Sciences. Ajoutons quelques remarques. Il serait inefficace de vouloir faire une leçon sur la mesure de longueurs, par exemple, puis de s'arrêter là. L'enfant n'aurait alors qu'une seule référence expérimentale pour construire la notion de longueur. Il est plutôt souhaitable que ces mesures et découvertes de grandeurs physiques se fassent lors d'activités de construction. L'enfant comprend alors quelle est la signification de mesures de ces grandeurs à travers les situations dans lesquelles on les utilise. Ce qui vient d'être dit là vaut également pour les grandeurs telles que l'énergie.

- Savoir réaliser de façon reproductible un certain nombre de phénomènes

On met moins souvent l'accent sur cette dernière finalité que sur la précédente. Précisons ce que j'entends par là. Si l'on veut qu'un enfant puisse construire le concept de conservation de l'énergie, il faut qu'il ait constaté qu'à partir d'une source d'énergie (pile par exemple), il ne peut obtenir qu'une quantité limitée de quelque chose qu'on appellera le travail. On pourra alors lui proposer de réaliser des voitures électriques miniatures. Il constatera que s'il construit une voiture miniature qui va vite, elle ne pourra pas transporter un poids important, et réciproquement. On est alors sur la voie de la conservation de l'énergie. Je pense qu'à la fin de cette étude, l'enfant devrait être persuadé qu'à partir d'une pile donnée, il ne peut augmenter à la fois la vitesse de déplacement et la charge qu'il déplace. Et cela de-

vrait figurer sur son cahier au même titre que la date de la prise de la Bastille.

Il semble bien que des activités de ce genre soient nécessaires à la formation des concepts scientifiques. De plus, ces activités ont un réel caractère scientifique. Pouvoir reproduire à volonté un phénomène, revient à dire que l'on maîtrise les divers facteurs qui interviennent dans ce phénomène. Cette reproductibilité est objectivement constatable ce qui permet de limiter les discussions sur la valeur du résultat.

– Permettre l'acquisition d'une expertise
en matière de Sciences expérimentales

S'il est une illusion qui a longtemps perduré en didactique des Sciences, c'est que l'enfant applique spontanément une démarche expérimentale. Il est vrai que dans des situations données, les élèves font des mélanges, plantent des clous, scient. Mais c'est toujours avec l'idée qu'ils vont obtenir, directement par essais et erreur, le résultat qu'ils escomptent. Ce comportement n'est pas un comportement de type scientifique mais plutôt de type magique. En fait, il semble bien que le support matériel ne joue qu'un rôle secondaire. Lorsque l'expérience "ne marche pas", les élèves ont alors recours à des explications verbales. Ils remplacent fréquemment "l'expérience matérielle" qu'ils ont réalisée par des expériences faites par la pensée... qui toutes démontrent le bien fondé de leur opinion.

Contrairement à ce que l'on dit bien souvent, l'enfant n'est pas spontanément attiré par le concret. Celui-ci n'est bien souvent que le support d'un jeu fantasmagique.

L'opinion commune consiste à dire que par l'enseignement des Sciences, l'enfant, passe de la perception d'une situation matérielle (concrète) à une construction intellectuelle abstraite. En fait, il me semble plutôt que le problème que doit résoudre l'enseignant est de faire passer l'enfant d'une construction intellectuelle imaginée à partir d'un support matériel à une construction intellectuelle réalisée suivant certains critères dits scientifiques. La démarche expérimentale doit donc bien faire l'objet d'un "apprentissage".

Pour permettre à l'enfant de réaliser cette assimilation de la démarche expérimentale, on dispose de certaines techniques. Donnons un exemple : dans un Cours Préparatoire¹² les enfants ont décidé de construire une maquette de stéthoscope. Pour cela, ils utilisent divers matériaux. Suivant quels critères vont-ils choisir ces matériaux ? La couleur, la forme, les dimensions ? Comment savoir si l'on a choisi le meilleur objet ?

On voit que la réponse à de telles questions nous amène à une pratique de la démarche expérimentale. Il est curieux de voir comment cette démarche est rapidement assimilée par de jeunes enfants

¹² Observation réalisée dans la classe de Mme ROSSINI. École Pasteur de Lille.

de Cours Préparatoire. Si une telle initiation n'est pas faite très tôt, elle aura beaucoup de mal à s'installer par la suite.

Ainsi nous avons posé à une classe de Cours Élémentaire deuxième année¹³, la question suivante : Voici deux maquettes de péniches. Comment savoir celle qui peut porter le plus de poids ?

Il semble que là, la réalisation d'une expérience s'impose. Hé bien, pas pour les enfants. Ils discutent longuement... et c'est une réelle découverte pour eux que de constater que l'on peut trancher la question par un test expérimental. Comme nous l'avions constaté dans l'étude épistémologique, c'est à travers la pratique des activités expérimentales, que se formera l'expertise dans la démarche expérimentale.

SOUHAIT

Nous avons pensé montrer qu'un véritable enseignement des Sciences demande du temps et doit commencer très tôt. Cela pose le problème de la formation des enseignants du Primaire. Il est faux de dire qu'avoir une formation littéraire est un handicap pour enseigner les Sciences dans le Primaire. Par contre, pour pouvoir enseigner correctement cette matière, il faut avoir eu le temps de se former. Il faut avoir pu se pencher sur la signification de la matière elle-même, sur l'histoire des Sciences, sur l'épistémologie... Et ceci dans le but spécifique de comprendre les Sciences Physiques, et non pas telle ou telle autre matière. Espérons que l'avenir nous donnera ce temps.

Ricardo ROMÉRO
École Normale Mixte de LILLE

¹³ Observation réalisée dans la classe de M. VANDENBOSSCHE. École A. Saimain de Lille.