

MODÉLISER LES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE ?

Marie-Anne Pierrard

Les activités de classe en sciences à l'école élémentaire sont construites et décrites dans les travaux des équipes de l'INRP par référence à un modèle pédagogique par investigation-structuration. Est-il possible d'importer un autre modèle pédagogique (le modèle proposé par Britt-Mari Barth) pour décrire ou élaborer ces activités de classe ?

Dans un premier temps, les caractéristiques des modèles pédagogiques concernés sont précisées, puis des exemples d'activités de classe en sciences physiques à l'école élémentaire sont décrits au moyen du modèle pédagogique de Britt-Mari Barth. La faisabilité de l'application de ce modèle pédagogique est ainsi testée et discutée. Il apparaît que ce modèle peut être performant quand il s'agit de définir le concept visé par l'activité de classe, ou de préciser l'état d'avancement de sa construction par les élèves. Mais il ne prend pas en compte des aspects spécifiques aux activités scientifiques : importance des représentations initiales, des objectifs liés aux attitudes, aux savoir-faire, alors que le modèle par investigation-structuration le permet.

De nombreuses situations d'apprentissage ont été mises en place et analysées en fonction de questions de recherche par les équipes "sciences-école élémentaire" de l'INRP. Elles ont conduit à l'élaboration progressive d'un modèle pédagogique qui fait l'objet d'un consensus de la part des membres de ces équipes, et bien adapté à l'enseignement des sciences à l'école élémentaire. Indépendamment, des réflexions sur l'apprentissage ont conduit des chercheurs à proposer des modèles d'apprentissage plus généraux, non spécifiques aux sciences. Je me propose de reprendre quelques situations d'apprentissage en les observant, en les analysant non plus en fonction des questions de recherche auxquelles elles avaient été soumises, mais sous l'éclairage de ces modèles d'apprentissage.

Je vais donc dans un premier temps rappeler les caractéristiques des modèles pédagogiques auxquels je ferai référence. J'en prendrai un en particulier, non spécifique à l'enseignement des sciences pour chercher à voir, en m'appuyant sur des exemples, s'il peut s'appliquer aux activités de classe en sciences à l'école élémentaire, et s'il y a des limites à son application.

1. LE CADRE THÉORIQUE DE RÉFÉRENCE

1.1. Le modèle pédagogique par investigation-structuration

Les équipes "sciences-école élémentaire" de l'INRP se réfèrent à ce modèle et s'appuient généralement sur lui pour construire des situations d'apprentissage en classe. J'en reprends ici seulement les caractéristiques essentielles (1). L'idée de fond sur laquelle il repose est que les élèves ne doivent pas (ne peuvent pas) seulement recevoir du savoir, mais doivent participer à son élaboration de façon à se l'approprier. Pour ce faire, il est essentiel :

prendre en compte les représentations initiales des élèves

donner du sens aux activités,

déboucher sur un acquis scientifique...

- de tenir compte des représentations des élèves, qui n'arrivent pas l'esprit vide de toute connaissance, sur les phénomènes étudiés ; il faut donc rendre possible l'expression, la confrontation, la remise en cause éventuelle de ces représentations ;
- de faire en sorte que l'apprentissage, et donc les activités aient un sens pour les élèves ; il faudra valoriser les attitudes de curiosité, de recherche, de prise de confiance en soi... : les échanges entre élèves aident à cette prise de sens de l'activité ;
- de faire en sorte que l'apprentissage aboutisse à un acquis scientifique, ce qui suppose des activités de verbalisation, de symbolisation, de prévision... permettant une abstraction, et de mise en relation de ces acquis entre eux, ou de remise en cause et modification de ces acquis conduisant à leur structuration.

Ce modèle pédagogique "amène à distinguer parmi les activités de classe, trois types d'activités essentielles et nécessaires, chacun caractérisé par le modèle d'apprentissage des enfants et le style pédagogique du maître." (2) :

... conduit à distinguer trois types d'activités de classe

- les **activités fonctionnelles**, qui ont leur propre logique interne et permettent des apprentissages spontanés, au cours desquelles l'enseignant est à l'écoute des élèves, pour faire émerger des problèmes à formuler et à résoudre ;
- les **activités heuristiques**, ou de résolution de problème, où le maître intervient en fonction des objectifs qu'il poursuit, mais laisse la plus grande part possible d'autonomie aux élèves ;
- les **activités systématiques**, dont le maître prend l'initiative, et qui visent à structurer les acquis ponctuels des élèves.

(1) J.-P. ASTOLFI, M. DEVELAY - *La didactique des sciences* - Collection Que sais-je ? - n° 2448 - Paris - P.U.F. 1989.

(2) *Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire* - V Démarches pédagogiques en initiation physique et technologique - n° 108 - Collection Recherches Pédagogiques - INRP - 1980 - p. 91.

Le modèle par investigation-structuration fournit ainsi un moyen de lire les activités de classe, et permet à l'enseignant de situer, de donner du sens à ses interventions.

Les activités, que je reprendrai d'articles, de comptes rendus de recherche ou de rapports internes de l'INRP ont été construites en se référant à ce modèle.

1.2. Le modèle pédagogique de Britt-Mari Barth

Dans son ouvrage *"L'apprentissage de l'abstraction"* (3), après avoir distingué la structure d'un concept et la démarche intellectuelle qui permet de l'acquérir, la conceptualisation en différenciant formation et acquisition des concepts (voir le schéma reproduit ci-après). La formation est un processus naturel qui s'appuie sur des classifications, des similarités et des discriminations qui permettent de comprendre le monde en l'organisant. Les concepts ainsi construits ne sont pas objectifs, ils vont le devenir avec le temps par une confrontation avec les autres et avec l'expérience qui conduit à les modifier, à les remodeler. L'acquisition des concepts consiste à "identifier la combinaison d'attributs selon laquelle un concept est déjà défini" : il s'agit alors de savoir reconnaître les bons exemples des contre-exemples de ce concept dans une liste.

Elle propose alors des stratégies d'enseignement s'appuyant sur ces processus de conceptualisation en repérant trois phases :

- une **phase d'observation-exploration** au cours de laquelle les élèves ont droit à l'erreur, l'enseignant les guide au moyen d'exemples et de questions, et qui vise à déterminer les attributs du concept étudié ;
- une **phase de représentation mentale** au cours de laquelle l'enseignant évalue le niveau de l'acquisition et intervient pour faire préciser les attributs du concept si nécessaire (évaluation formative), les élèves doivent reconnaître les exemples du concept et les contre-exemples en justifiant leurs réponses ;
- une **phase d'abstraction** où on cherche à vérifier que *"l'acquisition est transférable dans un autre contexte"*.

Comme dans le modèle précédent, le repérage des différentes phases des activités de classe doit permettre à l'enseignant de mieux situer ses interventions.

1.3. L'apprenant au cœur de l'apprentissage

Les deux modèles précédents accordent à l'élève une place active dans l'apprentissage. Cette idée se trouve confortée par les travaux de nombreux chercheurs, qui mettent au cœur de l'apprentissage l'apprenant. Je citerai par exemple

(3) B.-M. Barth- *L'apprentissage de l'abstraction* - Paris - Retz - 1987.

la description du processus de conceptualisation...

... permet de repérer trois phases dans la construction de concepts en classe

STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT "ACQUISITION D'UN CONCEPT" (schéma résumant le modèle)

<p>PHASE 1 (Bruner mode enactif) Elève :</p>	<p>OBSERVATION-EXPLORATION Enseignant : structuration</p> <ul style="list-style-type: none"> - donner les règles du jeu - présenter les exemples - faire la liste des attributs proposés au fur et à mesure - tenir la liste à jour - feed-back neutre - revoir et vérifier les attributs valides 	<p>ACTIONS DE L'ENSEIGNANT QUESTIONS ELUCIDANTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - décrivez ce que vous avez vu, lu, entendu... - reformulez - qu'est-ce que les exemples positifs ont d'autre en commun ? - à quoi ça sert ? - d'où cela vient-il ? - comparez les exemples positifs et négatifs, quels contrastes vous frappent ? - quelles caractéristiques sont toujours valables ? 	<p>ACTIONS INDUITES CHEZ L'ÉLÈVE</p> <ul style="list-style-type: none"> - rechercher des attributs - clarifier, expliciter - rechercher des attributs manquant - porter l'attention sur certains aspects - identifier les contrastes - identifier les similarités 	<p>OPÉRATIONS MENTALES INDUITES CHEZ L'ÉLÈVE</p> <ul style="list-style-type: none"> - percevoir - donner une signification aux sensations - discriminer - comparer - contraster - relier une observation à une autre - inférer - vérifier l'inférence - abstraire
<p>PHASE 2 (Bruner mode iconique) Elève :</p>	<p>PRÉSENTATION MENTALE Enseignant : Vérification des niveaux d'acquisition</p>	<p>est-ce que cet exemple est un "OUI" ou un "NON" ? pourquoi ?</p>	<p>identifier les attributs essentiels montrer des relations formuler une justification</p>	<p>faire des hypothèses vérifier des hypothèses définir</p>
<p>PHASE 3 (Bruner mode symbolique) Elève :</p>	<p>ABSTRACTION, GÉNÉRALISATION Enseignant : évaluation finale : évaluation du transfert</p>	<p>inventez un exemple "OUI" pourquoi est-ce un "OUI" ? trouvez un exemple très différents localisez un exemple positif dans un autre contexte</p>	<p>générer des exemples formuler une justification générer des exemples dans un autre contexte identifier des exemples dans un autre contexte</p>	<p>généraliser, conceptualiser opérer un transfert</p>

Philippe Meirieu (4) qui insiste sur le fait que l'apprentissage emprunte des voies variées selon les individus et que un des moyens pour permettre un apprentissage est de mettre les élèves dans des situations-problèmes : la situation-problème n'est pas tout et la connaissance ne va pas en sortir comme par miracle, mais elle *"met le sujet en route, l'engage dans une interaction active entre la réalité et ses projets, interaction déstabilisant et restabilisant, grâce aux décalages introduits par le formateur, ses représentations successives ; et c'est dans cette interaction que se construit, souvent irrrationnellement, la rationalité"* (p. 64).

dans les deux modèles, l'apprentissage est individualisé

Il relève aussi la différence qui existe entre un comportement observable qui pourrait indiquer qu'il y a eu apprentissage et l'opération mentale qui régit tout apprentissage et qui, elle, est inobservable ; pourtant un apprentissage n'est possible que si cette opération a lieu, c'est elle qui donne sens à l'apprentissage et aux activités scolaires. Il aboutit ainsi à une définition de l'apprentissage, à *"un modèle individualisé de l'apprentissage"*. *"Il y a situation d'apprentissage quand on s'appuie sur une capacité pour permettre l'acquisition d'une compétence ou sur une compétence pour permettre l'acquisition d'une capacité. On peut alors nommer "stratégie" l'activité originale que déploie le sujet pour effectuer cette acquisition"*. La conséquence est qu'il faut nécessairement partir du sujet tel qu'il est et avec ce qu'il sait, mais aussi lui permettre d'essayer de nouvelles stratégies de façon à accroître ses compétences et capacités.

dans le modèle de B-M Barth, le concept est au point de départ de l'activité

Je choisis d'utiliser, de tester les modèles par investigation-structuration et de Britt-Mari Barth parce qu'ils fournissent une grille de lecture des activités de classe et du comportement de l'enseignant élaborée de façons très différentes. Dans le modèle de Britt-Mari Barth, le concept constitue le point de départ de l'activité construite par l'enseignant, puisqu'il s'agit pour les élèves de reconnaître l'outil conceptuel, puis de le désigner et de le faire fonctionner, tandis que dans le modèle par investigation-structuration, la structuration vers le concept, est finale. C'est donc un renversement de point de vue et il me paraît intéressant, dans des activités où la construction de concept est visée, de voir si ces deux modèles fonctionnent, comment il faut éventuellement les modifier - et là les idées développées par Ph. Meirieu sur le caractère individuel de l'apprentissage resteront présentes à notre esprit - pour pouvoir les appliquer aux activités scientifiques à l'école élémentaire.

il en est l'aboutissement dans le modèle investigation-structuration

(4) Ph. MEIRIEU - *Apprendre... oui, mais comment ?* - Collection Pédagogies - Paris - ESF. 1987.

2. QUESTIONS

le modèle de B.-M. Barth est-il pertinent...

La plupart des activités que je vais prendre en exemple ayant été construites par référence au modèle par investigation-structuration, je ferai la description de ces activités en fonction des caractéristiques de ce modèle, avant de me poser la question : la description des activités de classe en sciences à l'école élémentaire est-elle possible dans les termes du modèle pédagogique proposé par B.-M. Barth ? Je chercherai à étudier la faisabilité de cette description sur des exemples en répondant à chaque fois aux questions suivantes.

... pour décrire les activités scientifiques à l'école ?

- Quel est le concept étudié ? Bien entendu j'adopterai pour le présenter les trois rubriques dénomination, attributs et exemples qui selon B.-M. Barth définissent un concept.
- Que l'on soit dans un processus de formation ou d'acquisition d'un concept, peut-on repérer la succession des trois phases observation-exploration, représentation mentale et abstraction ?

Je discuterai la pertinence de cette description en indiquant les modifications éventuelles apportées au modèle de Britt-Marie Barth pour le faire fonctionner, en faisant apparaître les apports et les limites de l'application de ce modèle aux activités scientifiques à l'école élémentaire.

3. LECTURE D'ACTIVITÉS DE CLASSE

3.1. Un exemple : une activité sur le relais et le transistor au Cours Moyen

• Description de l'activité

Cette activité a été menée dans le cadre d'une recherche sur la modélisation, et il en a déjà été rendu compte de ce point de vue (5). De la lecture de son compte rendu, il ressort que de nombreuses caractéristiques du modèle pédagogique par investigation-structuration apparaissent au fur et à mesure du déroulement de l'activité :

- analyse d'une situation proposée par le maître (fonctionnement d'une grue à électro-aimant devant la classe) au moyen d'une reconstruction de l'objet ; elle permet aux élèves de mettre à l'épreuve de l'expérience leurs représentations sur le fonctionnement de l'électro-aimant ;
- dispositif à imaginer pour répondre à une situation proposée par le maître (alarme au vol dans un magasin) : les élèves mobilisent les connaissances qu'ils ont sur les circuits électriques et sur la fonction d'éléments qu'il est pos-

(5) J.-L. CANAL - "De l'interrupteur au relais électromagnétique, du relais électromagnétique au transistor" - *ASTER* n°7 - INRP - 1988.

l'activité de classe est décrite à l'aide du modèle investigation-structuration

sible d'y intégrer (moteur, électro-aimant,...) ; confrontation des solutions des différents groupes ;

- dispositif à électro-aimant réalisé par tous les groupes : ce choix a été fait par le maître afin que tous les élèves aient pris connaissance de ce dispositif par l'intermédiaire de sa mise en œuvre ;
- adaptation du dispositif à électro-aimant à une nouvelle situation (éclairage de secours) ; définition du relais ;
- comparaison du relais "maquette" au relais du commerce ;
- dispositif à imaginer pour répondre à une situation proposée par le maître (alarme à l'inondation) ; confrontation des solutions proposées par les différents groupes ;
- analyse des causes de l'échec du dispositif à relais (choix fait par le maître de privilégier cette solution) : proposition par le maître de remplacer le relais par un transistor : tous les groupes réalisent le montage avec un transistor ;
- comparaison systématique du relais et du transistor.

On retrouve bien la prise en compte des représentations des élèves qui ont la possibilité de s'exprimer et de tester leurs idées, la place accordée aux échanges entre les groupes, la valorisation des attitudes de recherche, les élèves sont placés à plusieurs reprises devant un problème à résoudre. On voit aussi que le maître n'est pas absent : en choisissant de faire travailler tous les élèves sur certains dispositifs, de leur faire faire des comparaisons de façon systématique, il veut les aider à structurer les découvertes qu'ils font pour qu'ils construisent des connaissances objectives.

• *Quel est le concept visé ?*

Si je reprends la description du concept donnée par B.-M. Barth, doivent pouvoir être remplies les trois rubriques dénomination, attributs et exemples.

Le concept travaillé ici est celui de fonction de commutation, ou de commande d'un circuit par un autre.

Ses attributs sont : circuits d'entrée et de sortie, bornes d'entrée et de sortie (leur nombre et leur disposition), limites d'utilisation et sensibilité, polarisation ou non,....

Des exemples sont développés : alarme au vol avec le relais, éclairage de secours avec le relais et alarme à l'inondation avec le transistor.

• *Conceptualisation*

On n'est pas, contrairement aux exemples développés dans son ouvrage par B.-M. Barth, dans un modèle de progression linéaire d'acquisition du concept où la succession des exemples est proposée par le maître, mais plutôt dans un processus de formation du concept. On peut cependant chercher à savoir si la démarche respecte "la même hiérarchie cognitive" (6), si "l'apprenant passe par les mêmes

le concept est défini "à la façon" de B.-M. Barth

(6) B.-M. BARTH - op. cit. -1987- p. 137.

niveaux d'acquisition, les mêmes paliers tout au long de l'apprentissage : l'abstraction et la généralisation".

les exemples sont
fournis par les
élèves,

Dans le moment d'activité portant sur l'alarme au vol dans le magasin, les élèves doivent imaginer des dispositifs. On est alors dans une phase d'observation-exploration. Les exemples de dispositifs ne sont pas proposés par le maître comme dans la description de B.-M. Barth, mais par les groupes d'élèves. On peut les classer en deux catégories : ceux qui utilisent un système de commande mécanique (enroulement d'une ficelle sur l'axe d'un moteur par exemple) et celui qui utilise une commande électro-magnétique. Le maître privilégie le deuxième type de montage, que tous les élèves réalisent : la phase d'exploration se poursuit.

la validation des
réponses est
expérimentale,

Au cours de l'étape suivante, les élèves sont invités à simuler une situation d'éclairage de secours. Deux groupes pensent à utiliser tout de suite le dispositif à électro-aimant : il semble que pour ces élèves on se trouve dans une phase dite de représentation mentale où ils savent reconnaître un exemple du concept. Pour les autres, on doit encore se trouver dans une phase d'exploration : ils vérifient que l'exemple convient bien. Dans tous les cas, la validation de la réponse sera expérimentale et non apportée par le maître.

les attributs du
concept sont
énoncés

A ce moment de l'activité, un certain nombre d'attributs du concept ont été repérés par les élèves ; ils doivent pouvoir les énoncer. Pour ce faire, le maître leur donne pour tâche de comparer le relais "maquette" et celui du commerce : nous sommes dans une phase de représentation mentale.

les phases du
modèle de
B.-M. Barth ne se
succèdent pas,

La recherche de dispositifs d'alarme à l'inondation correspond à des phases différentes selon les élèves. Sur l'ensemble de la classe, il semble qu'on soit davantage dans une phase d'exploration que dans une phase de représentation mentale, les dispositifs proposés relevant de deux types (à commande mécanique ou à commande électrique), mais il n'est pas exclu que certains élèves soient dans une phase de représentation mentale. La phase d'exploration se poursuit quand les élèves utilisent le transistor introduit par le maître. Elle est suivie d'une phase de représentation mentale au moment où les élèves comparent relais et transistor, complétant ainsi la liste des attributs dressée précédemment.

Atteint-on dans cette activité la troisième phase, celle de l'abstraction ? Quel est le niveau d'acquisition du concept ? Il semble que les élèves (certains élèves) soient capables de reconnaître un exemple (évaluation formative collective) : en effet, placés devant le montage à transistor où le corps humain est dans le circuit d'entrée, ils savent invoquer la conduction du corps humain pour provoquer la fermeture du circuit de sortie du transistor et le couinement du buzzer. Ils savent aussi nommer les attributs du concept. En revanche, il nous est difficile de dire s'ils savent associer la dénomination du concept et ses attributs et trouver par eux-mêmes d'autres exemples.

• **Remarques sur cette lecture de l'activité**

il y a de
nombreux
va-et-vient

Remarquons que nous avons dû la modifier pour l'adapter à notre situation, en faisant apparaître des va-et-vient entre les différentes phases, et non une succession linéaire. Ce faisant, on rend compte des modes de pensée des élèves qui ne conduisent jamais, ou rarement, directement vers l'acquisition d'un concept, et on permet une interaction entre les projets des élèves et la réalité.

les acquisitions
portent sur le
concept, mais
aussi sur des
savoir-faire

Elle oblige à une définition précise et formelle du concept étudié sans oublier le travail intellectuel qu'aura à faire l'élève. Mais elle occulte tout un pan des acquisitions visées au cours de l'activité. En effet, ces acquisitions ne portent pas seulement sur le concept de commutation, mais aussi sur des savoir-faire relatifs à l'utilisation du relais et du transistor dans des montages électriques, à la lecture et à l'élaboration de schémas électriques.

3.2. Autre exemple : une activité autour de la Lune au Cours Moyen

• **Description de l'activité**

Cette activité a été menée dans le cadre d'une recherche sur la modélisation (7). On y trouve les étapes suivantes.

différentes
étapes
organisent un
apprentissage...

- Discussion dans la classe, pour permettre aux élèves d'exprimer et de confronter leurs représentations à propos de la Lune ; la confrontation des idées justifie la construction d'un dispositif d'observation pour les tester.

- Exploitation des observations conduisant :
 . à la mise en évidence de certaines caractéristiques observables de la Lune (existence des différentes phases et leur ordre de succession, mise en évidence d'un cycle) confirmées par l'utilisation de documents ;
 . à des questions sur le pourquoi de ces caractéristiques (pourquoi la Lune change-t-elle de forme ? Pourquoi ne voit-on pas la Lune toujours au même moment de la journée ?).

- Activité de résolution de problème : pourquoi la Lune change-t-elle de forme ?

Les élèves font des propositions et le maître attribue un statut d'information à deux d'entre elles en les confirmant : la Lune tourne autour de la Terre ; la Lune n'est pas lumineuse, elle renvoie la lumière du Soleil.

Les élèves doivent ensuite mettre ces informations en situation sur une maquette (Lune \Rightarrow balle, Soleil \Rightarrow lampe et Terre \Rightarrow tête). Ils doivent retrouver sur la balle les phases de la Lune, et schématiser les positions des éléments de la maquette pour différentes phases.

(7) M.-A. PIERRARD - Rapport interne INRP - 1989.

... par
investigation-
structuration

La comparaison de leurs dessins lors d'une mise en commun conduira à l'élaboration collective d'un schéma explicatif, et amènera à compléter les deux informations de départ pour obtenir un modèle explicatif suffisant.

- Activité de résolution de problème : pourquoi ne voit-on pas la Lune au même moment de la journée ?

Un dispositif d'observation pour mettre en relation le moment où la Lune est visible et sa phase est construit, les élèves l'utiliseront lors d'une classe de neige.

Le maître leur demande de faire une prévision sur cette relation en s'appuyant sur des connaissances antérieures à relier : la course apparente du Soleil et de la Lune au cours d'un jour et l'angle Soleil-Terre-Lune selon la phase de la Lune. Ces deux connaissances sont mises simultanément en situation sur une maquette.

- Demande de transfert de la part du maître à une autre situation : comment voit-on la Terre depuis la Lune ? Les élèves en raisonnant sur le schéma prévoient des phases.

- Résolution de problème : pourquoi voit-on toujours la même face de la Lune depuis la Terre ? En s'aidant d'une simulation, les élèves complètent le modèle précédent pour répondre à cette question.

Comme dans l'exemple sur le relais et le transistor, on retrouve de nombreuses caractéristiques du modèle pédagogique par investigation-structuration : prise en compte des représentations des élèves qui conduit à une observation ; activités de résolution de problème au cours desquelles les idées des élèves sont confrontées, complétées et confirmées par des manipulations de maquettes, mise à l'épreuve des conclusions pour résoudre d'autres problèmes.

• *Quel est le concept visé ?*

Sa définition n'est pas aussi immédiate que dans l'exemple précédent car on se rapproche ici de la structure d'une théorie, on a affaire à la construction d'un modèle rendant compte d'une série de caractéristiques observables de la Lune. D'après B.-M. Barth, il est possible de faire entrer ce type de connaissance dans la même structure que celle du concept, ce qui dans notre cas conduit à l'analyse suivante.

Dénomination : relation entre les mouvements de la Lune par rapport à la Terre et au Soleil et les caractéristiques observables de la Lune vue depuis la Terre.

Attributs : les règles suivantes et leur combinaison :

- la Lune a des phases qui reviennent de façon cyclique (un cycle dure une lunaison),
- la Lune est une boule non lumineuse,
- la Lune tourne autour de la Terre,
- la durée d'un tour est une lunaison,
- le sens de révolution est le sens inverse des aiguilles d'une montre (si on regarde le système Soleil-Terre-Lune au-dessus du pôle Nord terrestre),

la structure du
concept dans le
cas d'un modèle

- de la Terre, on voit toujours la même face de la Lune,
- la Lune fait un tour sur elle-même dans le même temps qu'elle fait un tour autour de la Terre.

Exemples : maquettes, schémas.

• *Conceptualisation*

Comme dans l'exemple précédent, je vais chercher à vérifier si les différentes phases de formation et d'acquisition d'un concept sont présentes dans l'activité.

La discussion de départ et l'observation de la Lune renvoient à une phase d'observation-exploration. Il en est de même du moment d'exploitation des observations au cours duquel les élèves cherchent des régularités dans les résultats, ce qui les conduit à énoncer des caractéristiques de la Lune (existence, ordre et cycle des phases), qui sont déjà des attributs du "concept".

Pendant le travail sur le pourquoi des phases, les élèves mettent en situation sur une maquette, puis sur un schéma, des attributs proposés par des élèves et repris par le maître. On est donc ici dans un moment de représentation mentale : les élèves ne peuvent faire cette mise en situation et cette schématisation que s'ils ont compris ce qu'ils cherchaient et comment se combinaient les attributs fournis. Il n'est pas possible de dire que c'est le cas de tous les élèves : certains ont pu rester en retrait dans le premier temps de la mise en situation, et ne reprendre leur travail qu'en l'observant. Ceux-là sont alors toujours dans une phase d'observation-exploration.

La mise en situation des éléments fournis par le maître n'est pas suffisante pour expliquer les phases de la Lune, il faut compléter ces éléments (sens et durée de la révolution), ce que les élèves font à partir de l'utilisation de la maquette. On est donc ici dans un cas où il y a, pour certains élèves au moins, une imbrication très forte entre des moments d'observation-exploration et de représentation mentale, avec sans doute des aller et retour fréquents entre ces deux phases.

La recherche d'une prévision sur la relation entre les moments de visibilité de la Lune et ses phases est de façon plus nette un moment de représentation mentale, un moment d'évaluation formative des élèves par le maître.

Quand les élèves utilisent le modèle construit dans un autre contexte, pour prévoir des phases de la Terre vue depuis la Lune, on est au niveau de l'abstraction quand les élèves réussissent.

Quand ils essaient d'expliquer pourquoi on voit toujours la même face de la Lune depuis la Terre, ils appliquent le modèle construit (abstraction), mais ils doivent à nouveau recourir à la simulation sur maquette pour le compléter (phase d'observation-exploration).

des aller et retour fréquents entre les moments...

... d'observation-
exploration et de
représentation
mentale

Il apparaît donc que, comme dans l'exemple précédent, ce modèle pédagogique peut conduire à une lecture raisonnée de l'activité de classe, à condition de prendre en compte des aller et retour entre les moments d'exploration et les moments de représentation mentale, qui permettent à chaque fois de préciser et/ou d'enrichir le concept.

Ces deux exemples, dont je n'ai brossé que les grandes lignes, montrent ainsi la faisabilité de l'application du modèle pédagogique préconisé par B.-M. Barth pour décrire des activités en sciences à l'école élémentaire, à condition de l'aménager. Il faudrait maintenant entrer davantage dans le détail des activités de classe pour voir s'il permet de caractériser un moment précis de classe, s'il permet de comprendre ce qui se passe dans la classe et peut ainsi devenir une aide dans la régulation de l'activité par l'enseignant, ou si au contraire des limites existent à son utilisation.

4. UN MODÈLE POUR EXPLICITER L'APPRENTISSAGE DU CONCEPT D'ISOLANT THERMIQUE

Je reprends un exemple d'activité de classe déjà analysée dans le cadre d'une recherche portant sur les processus d'apprentissage du concept d'énergie (8).

4.1. Place de la séquence dans la progression de l'activité

Elle vient après des activités de résolution de problèmes portant sur le rôle de la laine, celui du polystyrène et une première séance portant sur la comparaison de la laine et du polystyrène et ayant conduit à la construction de l'énoncé : *"le polystyrène et la laine laissent tous les deux passer le chaud et le froid difficilement"*. Au cours de la séquence suivante, les élèves doivent, en s'appuyant sur des exemples tirés de documents et de leur vécu, chercher *"les matériaux que l'on peut substituer à la laine et au polystyrène"*. On est donc ici dans un moment structurant où le maître cherche à faire construire par les élèves les classes des isolants et des non-isolants, un moment où le modèle de Britt-Mari Barth devrait particulièrement bien fonctionner.

un moment de
structuration

4.2. Quel est le concept visé ?

Il s'agit du concept d'isolant, défini par l'attribut "matériau qui laisse passer le chaud et le froid difficilement" et par des exemples (laine, polystyrène) que l'on cherche à multiplier.

(8) J.-Cl. GENZLING - *Structuration du concept d'isolant* - Document interne INRP - 1982.

différentes
définitions du
concept
peuvent être
données

Au cours de l'analyse de cette séquence (9), J.-P. Astolfi s'est attaché à dégager l'implicite dans les interactions entre les élèves et le maître. Tant que les exemples donnés par les élèves correspondent aux attentes du maître, le dialogue dans la classe se poursuit sans contestation des exemples donnés, le maître les approuve en les inscrivant dans la liste au tableau. Quand un élève propose le double vitrage, il introduit le doute par une question : *"est-ce que le double vitrage est un matériau isolant ?"*. Un premier élève décrypte immédiatement le sens de cette intervention, un autre la renforce en décrivant la structure composite du double vitrage, interdisant à celui-ci de figurer dans la liste des matières, matériaux ou substances" (p. 91). Le même cas se retrouvera plus loin à propos d'une feuille d'aluminium, plus évident encore car *"ce n'est pas le contenu de la question qui importe... : celle-ci fonctionne comme un mécanisme d'exclusion, empêchant que l'on examine la question de la feuille d'aluminium pour ainsi dire disqualifiée..."* (p. 92).

les élèves ne
cherchent pas à
définir les isolants,
mais à décoder
les attentes du
maître

D'après J.-P. Astolfi, il apparaît que le concept auquel veut aboutir le maître peut se définir par l'attribut *"les isolants sont des "matériaux" qui limitent les transferts d'énergie par le mécanisme de conduction"* alors que l'activité conduit à *"les isolants sont des "matériaux" dont la fonction est d'empêcher le chaud et le froid de passer"* (p. 91).

Il semblerait donc qu'une définition pas assez précise du concept visé soit à l'origine de la tournure prise par l'activité de classe, par son détournement pourrait-on dire : au lieu de travailler sur les isolants, les élèves, à certains moments travaillent sur un décodage des attentes du maître.

Si pourtant on regarde le déroulement de la séquence à la lumière du modèle développé par B.-M. Barth, on retrouve un déroulement formellement assez proche : les élèves proposent des exemples, qui sont acceptés ou refusés par le maître. Une différence est que le maître fait lui-même intervenir l'attribut matériau, ce qui conduit à refuser de faire entrer dans la catégorie des isolants des dispositifs pourtant connus des élèves comme ayant des caractéristiques analogues. Ce n'est pas gênant si on sait exactement quel est le concept que l'on a construit, et si on admet que cette construction n'est pas définitive, mais sera soumise à remodelage, donc ce n'est pas gênant dans une perspective d'enseignement à long terme. Cela le devient quant à la performance de "lecture du monde" que l'acquisition de ce concept donne aux élèves : que faire du double vitrage ? pourquoi est-il hors jeu ?

L'enseignement des sciences à l'école élémentaire doit prendre aussi en compte le court terme, au risque dans le cas contraire de voir dénier tout intérêt aux sciences. Dans

(9) J.-P. ASTOLFI et al. - "Stratégies cognitives des élèves et modes d'intervention des enseignants- L'implicite dans les interactions didactiques" in *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*- Collection Rapports de Recherche n°3- INRP- 1985.

notre exemple, une autre définition du concept aurait pu permettre d'englober les connaissances des enfants :

- **dénomination** : dispositif isolant ;
- **attributs** : ces dispositifs laissent passer difficilement le chaud et le froid ; ils peuvent être faits à partir d'un seul matériau, ou composites ; certains matériaux confèrent toujours le même comportement (par rapport au chaud et au froid) aux dispositifs qu'ils constituent, ce sont des matériaux isolants ; un dispositif fait dans un même matériau peut avoir des comportements différents selon son état de surface ;
- **exemples** : laine, double vitrage, bouteille thermos, feuille d'aluminium,....

le modèle de B.-M. Barth impose une définition précise du concept visé...

... qui peut rendre explicites des choix faits par le maître

En mettant l'accent sur une définition précise et très formelle du concept visé, le modèle proposé par B.-M. Barth devrait pouvoir nous donner des pistes pour aborder "un problème encore mal résolu" (p. 87). Certes, le maître savait où il voulait amener les élèves (un isolant est un matériau...), mais une analyse plus approfondie des exemples possibles et des attributs qui pouvaient leur correspondre devrait permettre de clarifier les choix pédagogiques : je choisis de travailler sur une définition "matériau" des isolants sachant les exclusions qu'elle impose, et que je devrais imposer explicitement aux élèves, ou je choisis de construire une classe des "dispositifs" isolants. Le modèle pédagogique de Britt-Mari Barth pourrait ici être une aide à la conception et à la régulation de l'activité de classe, en rendant plus explicite le concept étudié.

5. LIMITES À L'UTILISATION DU MODÈLE

5.1. Des limites liées au but visé par ce modèle

il ne rend pas compte des compétences spécifiques à l'enseignement des sciences

J'ai déjà signalé à propos de l'exemple de l'activité de classe sur le relais et le transistor qu'il ignorait des compétences spécifiques à l'enseignement des sciences, telles que l'élaboration d'expériences et leur mise en œuvre, la lecture et la construction de schémas,... Ceci est cohérent avec les pré-occupations qui ont conduit à l'élaboration de ce modèle, centrées sur la formation et l'acquisition de concepts.

Je voudrais maintenant montrer sur un exemple qu'une activité de classe en adéquation avec ce modèle peut échouer si on ne prend pas en compte d'autres aspects qui apparaissent par exemple dans le modèle par investigation-structuration.

5.2. Place de la séquence dans l'activité de classe

L'activité a été construite dans le cadre d'une recherche sur la modélisation et a fait l'objet d'un compte rendu (10). Il s'agissait de fournir aux élèves des éléments, qu'ils auraient à mettre en œuvre et compléter, pour expliquer la succession des jours et des nuits, puis pour prévoir d'autres phénomènes. Je m'intéresse ici au tout début de l'activité.

dans une phase
d'observation et
exploration.

Dans un premier temps, les élèves avaient été invités, individuellement et par écrit à proposer leur explication de la succession des jours et des nuits. De l'analyse de leurs productions, il ressort que la majorité font intervenir des mouvements des astres : Terre ronde, Soleil éclairant la Terre, et pour 10 élèves sur 23, la Lune figure sur leurs dessins, souvent mais pas toujours côté nuit, sans que son rôle soit explicité (sauf pour un élève qui dit que la Lune envoie de l'ombre sur la Terre, en la représentant de l'autre côté de la Terre par rapport au Soleil).

Au début de la séquence de classe, le maître repose la question à laquelle les élèves avaient répondu individuellement quelques jours plus tôt, en précisant les conditions dans lesquelles la réponse va être cherchée : il fournit des informations (écrites au tableau), les élèves disposent, par groupe, de matériel (lampe pour remplacer le Soleil et balle pour remplacer la Terre) et doivent utiliser ce matériel, le déplacer comme ils le veulent pour retrouver sur la balle une succession jour-nuit et préparer une réponse écrite.

Trois informations ont été fournies aux élèves : la Terre est une boule non lumineuse ; le Soleil envoie de la lumière dans toutes les directions ; seuls le Soleil et la Terre interviennent pour expliquer le jour et la nuit.

le rejet par des
élèves des
contraintes
imposées par le
maître...

Avant la distribution du matériel, certains élèves contestent le fait que la Lune n'intervienne pas ; le maître les renvoie aux informations fournies, mais devant leur résistance, il cédera à la demande de deux groupes d'avoir une balle pour remplacer la Lune. L'un d'eux se contentera de placer systématiquement la balle-Lune du côté nuit de la balle-Terre, sans qu'elle ait un rôle actif ; l'autre groupe intercalera la balle-Lune entre la lampe-Soleil et la balle-Terre, et constatera qu'on a bien une ombre sur la balle-Terre, mais qu'alors il ne ferait jamais jour. Au cours de la mise en commun, cette situation sera reconnue par d'autres élèves comme une situation d'éclipse. L'intervention de la Lune sera abandonnée, dans le premier cas par raison d'"économie" (que la Lune soit présente ou non ne changera rien au résultat) et dans l'autre cas parce qu'il s'agit d'un autre phénomène que la succession jour-nuit.

(10) M.-A. PIERRARD - Compte-rendu interne INRP - 1991.

5.3. Remarques

On est dans un type de concept analogue à celui rencontré dans l'exemple de l'activité de classe sur la Lune (voir supra). Il est donc possible de le définir en respectant le cadre du modèle pédagogique de B.-M. Barth. On est dans une phase d'observation-exploration. Les élèves doivent, en manipulant la maquette, compléter les informations fournies et les combiner de façon à retrouver la succession jour-nuit.

... est un indice de la non-prise en compte de leurs représentations

le modèle de B-M Barth en fait l'économie, ce qui paraît difficile en sciences

Le point plus intéressant ici me paraît être le refus par certains élèves des "règles du jeu" données par le maître. Il apparaît qu'on ne peut pas faire l'économie de la prise en compte des représentations des élèves sur le phénomène. Le modèle pédagogique par investigation-structuration insiste beaucoup sur ce point ; le modèle de B.-M. Barth beaucoup moins. Certes, elle insiste sur le fait que les modes de raisonnement varient d'un élève à l'autre et qu'il faut en tenir compte aussi bien dans les exemples que dans les tâches que l'on propose aux élèves, mais elle ne semble jamais remettre en cause l'acceptation par les élèves de ces "règles du jeu", bien sûr explicitées. C'est sans doute lié aux exemples pris : concepts de mathématiques, liés à la structure de la langue, qui peuvent être démarqués assez facilement de l'"expérience courante" et où la parole du maître suffit à cautionner la validité des exemples ; concepts soumis à des opinions comme la liberté, pour lesquels la diversité d'opinions possibles fait partie du concept. Mais elle ne prend pas d'exemples de concepts scientifiques, qui font l'objet d'une définition objective sur laquelle la communauté scientifique s'accorde, mais qui, pour être construits, ont besoin de s'appuyer et d'être débarrassés de représentations initiales tenaces.

6. UN MODELE POUR RÉGULER L'ACTIVITÉ D'ENSEIGNEMENT ?

Le dernier exemple que je vais développer porte sur une activité de classe qui, comme les précédentes, n'a pas été construite par référence au modèle pédagogique préconisé par B.-M. Barth. Je voudrais voir sur cet exemple si ce modèle s'applique à l'activité, mais de plus s'il permet d'explicitier l'évolution de la construction du concept, et les interventions visant à réguler l'activité des élèves.

6.1. L'activité de classe

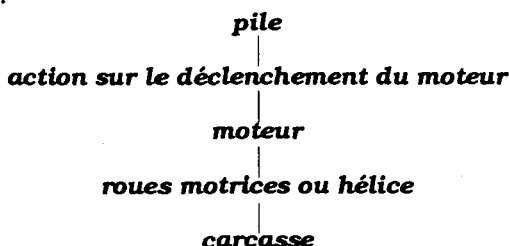
L'activité (11) a été conduite en 1983 dans le cadre d'une recherche sur la construction du concept d'énergie. La

(11) M.-A. PIERRARD - "Des véhicules de toutes sortes"- Comptendu interne INRP - 1983.

construction de cette activité s'est faite par référence au modèle d'investigation-structuration : on retrouvera donc certaines de ses caractéristiques dans la description rapide que je vais en faire.

L'activité a eu lieu dans une classe de Cours Moyen et porte sur le fonctionnement et la comparaison du fonctionnement de divers véhicules (jouets). Dans un premier temps, une série de véhicules a été laissée à la disposition des élèves pendant plusieurs jours (voitures qu'on pousse à la main, voiture à clé, voitures à friction, voiture téléguidée, voiture radioguidée, voiture à pile, moteur électrique et hélice, voiture à pile, moteur électrique et courroie de transmission entre le moteur et une roue, voiture électrique commandée au son, voiture à pile et à eau, véhicule à élastique et à hélice, véhicule fait avec une bobine de fil, un élastique et un crayon). Une première séance de classe, au cours de laquelle tous les véhicules sont successivement mis en mouvement, permet de recueillir et classer les remarques et questions des élèves à propos de ces véhicules et de dégager des pistes de travail. Beaucoup de questions portant sur le moteur électrique, les séances suivantes sont consacrées à l'étude de son fonctionnement.

Puis le maître propose aux élèves un travail à partir des 5 types de voitures électriques disponibles (voitures télécommandée, radiocommandée, "à son", à courroie et à hélice). La consigne donnée aux élèves est explicitée oralement et écrite au tableau : Comparer la façon dont ces véhicules sont mis en mouvement. Établir une manière de résumé valable pour les cinq. Le travail a lieu par groupe et aboutit après mise en commun et discussion collective au résumé suivant :



un moment de structuration

On est donc dans un moment structurant de l'activité, au cours duquel les élèves doivent chercher des éléments communs au fonctionnement des cinq véhicules et les relier entre eux.

Le travail de structuration sera poursuivi lors des séances suivantes : le maître demandera aux élèves si on peut faire entrer la voiture à eau dans ce schéma, puis s'il est possible de faire un schéma commun aux deux véhicules à hélice (électrique et à élastique). La question de l'analogie entre pile et élastique ou entre pile et moteur électrique sera alors posée.

On aboutira dans la classe au schéma suivant :



Un travail analogue sera fait pour les voitures à friction. Un travail individuel demandé aux élèves sur le fonctionnement des schémas montrera que leur signification n'est pas la même pour tous les élèves et la confrontation des réponses conduira à expliciter ces significations possibles.

6.2. Le concept visé

Je vais reprendre les connaissances visées telles qu'elles étaient annoncées dans le compte rendu de l'époque, en les présentant sous la forme en trois rubriques :

- **dénomination** : pour provoquer le mouvement d'un véhicule, il faut une source d'énergie ;
- **attributs** :
 - . il existe pour cela différents types de sources d'énergie ; le moteur utilisé doit être adapté à la source d'énergie ;
 - . il peut y avoir des organes de transmission du mouvement entre le moteur et le véhicule ;
 - . quelque chose (de l'énergie) passe de la source d'énergie au véhicule mis en mouvement ;
 - . (éventuellement) il y a modification de l'état de la source d'énergie après utilisation ;
- **exemples** :
 - . pile, élastique tordu, rotation d'un volant d'inertie.... sont des sources d'énergie
 - . schémas de fonctionnement.

le concept est défini et construit à partir des schémas de fonctionnement

A la lecture du compte rendu de l'activité de la classe, il apparaît qu'une partie intéressante du travail de conceptualisation porte sur l'élaboration, l'utilisation, la modification et la signification des schémas de fonctionnement.

6.3. Le processus de conceptualisation et l'évolution du concept

L'analyse du travail fait dans la classe sur les schémas de fonctionnement à la lumière des processus de conceptualisation décrits par B.-M. Barth va permettre de préciser l'état d'avancement dans la construction du concept.

1) Prenons le moment de l'activité où il s'agit pour les élèves de comparer pour faire rentrer dans un même "résumé" le fonctionnement des véhicules électriques. Ils ont eu auparavant possibilité de faire fonctionner, de s'interroger sur le fonctionnement de tel ou tel organe du véhicule. Pour réussir dans la tâche qui leur est demandée, ils doivent sélec-

tionner des éléments présents sur les véhicules et les mettre en relation. Tous les groupes d'élèves ont cherché les points communs aux véhicules, ou au moins ont commencé à le faire, s'ils n'ont pas eu le temps de mener leur recherche à terme avant la mise en commun. On peut toutefois noter des différences dans les stratégies utilisées, qui renvoient à des façons différentes de penser la comparaison : 6 groupes ont d'abord cherché les points communs aux véhicules, un groupe explique comment fonctionne une voiture particulière avant de chercher si les autres fonctionnent de façon analogue et de dégager les points communs.

Lors de la mise en commun, le premier qui expose ses résultats est celui qui a étudié une voiture : il donne une liste des différents éléments nécessaires à sa mise en mouvement. Le deuxième groupe généralise à l'ensemble des véhicules disponibles en précisant que tous avaient un moteur et des piles. La discussion qui suit consiste alors à éliminer dans la liste des éléments donnés pour une voiture ceux : qui ne sont pas communs aux autres, et à rajouter ceux qui manquent, et ce :

- soit sur incitation du maître :

M : *Au sujet de ce que j'ai écrit au tableau, pile de 4,5 volts, qu'est-ce que vous pensez ?*

E : *il y a d'autres voitures qui marchent avec plus de piles*

E : *il y en a ça fait moins*

M : *alors*

E : *les piles ne sont pas toutes des piles de 4,5 volts, il y en a de 1,5 volt*

M : *donc on peut supprimer dans les points communs la tension de la pile. Il faut une pile, ou plusieurs piles.*

- ou d'un élève

E : *Les fils, c'est pas obligé*

E : *en tout cas il faut deux roues motrices.*

On est donc ici dans un moment où les élèves, à partir des exemples dont ils disposent, cherchent à dégager des points communs pour définir les attributs d'un concept. Les attributs dégagés à ce moment de l'activité sont : dans tous les véhicules, il y a une pile, un moteur électrique, un interrupteur (pour déclencher le moteur), des roues motrices. Il manque la relation qui existe entre ces éléments. Pour la faire exprimer par les élèves, le maître leur demande de mettre en ordre ces différents éléments. Pour les premiers, la mise en ordre se fait sans difficulté : pile — interrupteur (ou action pour déclencher le moteur) — moteur — roues motrices. Le maître suggère qu'il manque peut-être un élément :

M : *Les roues. Mais est-ce qu'il n'y a que les roues qui se déplacent ?*

des E : *ben non*

E : *il y a la voiture*

E : *il y a la carcasse*

E : *la carrosserie.*

à partir des
exemples,

les élèves
cherchent à
dégager des
points communs
qui sont des
attributs du
concept

Les avis divergent quant à la position de cette carcasse par rapport aux autres éléments. Des élèves veulent la placer "sur les roues", "avec les roues", "après les roues" ou "avant le moteur électrique", parce qu'on a besoin de la carcasse pour pouvoir poser le moteur, ou parce qu'elle est effectivement au-dessus des roues dans la voiture. Ces divergences sont intéressantes car elles indiquent que la signification des traits du schéma n'est pas la même pour tous les élèves : ce schéma est une chaîne traduisant des relations spatiales entre les éléments ou une chaîne traduisant un fonctionnement, des relations causales entre ces éléments. Si nous nous reportons à la définition du concept visé, nous voyons que la difficulté porte sur la définition d'un des attributs (quelque chose passe de la source d'énergie au véhicule mis en mouvement). Le maître est bien conscient de cette difficulté, rendue sensible dans la classe par les propositions différentes et contradictoires des élèves, dont aucune d'ailleurs ne correspond à l'attribut souhaité. Il cherche donc à faire expliciter aux élèves le sens du schéma :

M : *Mais attention, cet ordre-là, ça correspond à quoi ?*

E : *au fonctionnement*

M : *ça ne correspond pas à la place des engins dans...*

E : *tout en bas*

M : *et pourquoi la carcasse doit être tout en bas ?*

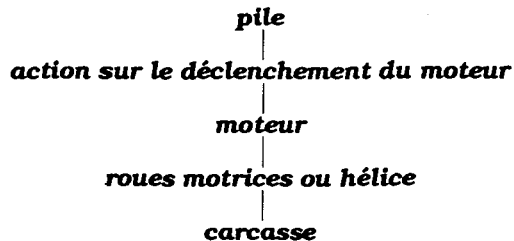
E : *ben parce que on ne va pas la mettre en premier*

E : *c'est elle en dernier qui commence à rouler. C'est d'abord, tous ces éléments-là sont mis en route, puis elle, elle ...*

M : *si les roues ne se mettent pas en route*

E : *la carcasse ne bouge pas.*

Le schéma retenu par la classe sera :



repérage de l'écart entre le concept construit et le concept visé

Par rapport aux phases de l'activité de classe, on est dans un moment d'observation-exploration des exemples fournis par le maître, visant à dégager les attributs du concept en s'appuyant sur des comparaisons, et sur des questions érudantes posées par le maître. Cela permet de situer le niveau de construction de ce concept. L'ensemble des attributs définissant le concept (voir supra) ne peut pas être établi à partir des seuls exemples des véhicules électriques : il faudra donc travailler sur d'autres exemples, ce que les élèves ont fait lors de séances ultérieures. La confrontation des attributs dégagés dans la classe avec ceux souhaités permet donc de dire si on travaille vraiment sur le concept visé. Ce n'est pas vraiment le cas ici puisque la mise en

ordre des éléments traduit une causalité plutôt qu'un transfert d'énergie. Les éléments du modèle pédagogique permettent donc de situer l'état de la construction par rapport à l'objectif visé, tant par son aspect repérage de la phase d'activité (observation-exploration) que par l'analyse du concept qu'il sous-tend.

2) Lors de la séance suivante, le maître demande aux élèves de tester leur schéma en cherchant si on peut faire rentrer la voiture à eau dans ce schéma. Cette voiture à eau (apportée par un élève) est une voiture électrique, avec pile et moteur électrique, elle se met en route quand un réservoir d'eau se vide.

Les premières réponses des élèves font entrer cette voiture dans le schéma sans difficulté : il y a une pile, l'action sur le déclenchement du moteur se produit quand le réservoir d'eau se vide, on retrouve dans le même ordre moteur, roues motrices et carcasse. Le schéma semble donner une réponse satisfaisante aux élèves qui au début de l'activité s'étaient montrés perplexes devant cette voiture, comparant l'eau et l'essence de nos voitures,.... Un doute est introduit par le maître, qui va provoquer une discussion montrant que les choses ne sont sans doute pas si évidentes pour tous les élèves.

l'introduction
d'un nouvel
exemple
permet...

M : *On n'a pas toujours dit ça. Il y en a qui avaient dit autre chose la dernière fois qu'on avait vu cette voiture.*

Le doute introduit par le maître va permettre de préciser un attribut du concept en indiquant explicitement qu'un élément fournit de l'énergie, et lequel.

Les réactions des élèves s'expriment :

E : *Peut-être que l'eau, elle passe dans un fil*

E : *à mon avis, peut-être que l'eau passe, c'est le même principe que les barrages hydro-électriques*

E : *l'eau, elle devient de l'électricité*

M : *ah, l'eau devient de l'électricité*

E : *ça actionne une turbine*

M : *mais je crois que là tu fais une comparaison*

E : *il y a peut-être une énergie dans l'eau, alors ça la fait avancer*

M : *l'énergie, c'est l'eau qui l'apporte*

des E : *l'eau a de l'énergie*

E : *peut-être que l'eau, ça fait peut-être un poids, ça fait peut-être quelque chose, j'en sais rien*

E : *oui*

E : *non*

M : *Bon, alors, si on utilise l'idée que vous donnez là, que vous apportez là, vous pensez que l'eau apporte, vous avez employé le mot vous-mêmes,*

E : *de l'énergie*

M : *de l'énergie*

Guillaume : *mais à quoi sert la pile alors ?*

- M : *Et pourquoi est-ce que tu demandes à quoi sert la pile ?*
 E : *la pile, elle fournit déjà l'énergie, alors*
 E : *l'énergie*
 Guillaume : *moi je crois que l'eau elle fait un peu comme ..., elle déclenche quelque chose.*
 Suit une discussion au cours de laquelle des exemples dans lesquels l'eau fournit de l'énergie sont donnés par les élèves. L'exemple du moulin à eau est repris par le maître, et un élève suggère que l'eau dans la voiture peut de la même façon faire tourner les roues.
 Guillaume : *ben non*
 M : *pourquoi ?*
 Guillaume : *ben si , mais il faudrait*
 M : *est-ce que c'est impossible ?*
 Guillaume : *il faudrait que l'eau ait un courant comme pour le*
 M : *comme dans la rivière*
 Philippe : *la pile par exemple, peut-être qu'elle fait accélérer le mouvement de l'eau et ça fait du courant*
 Pierre : *à moins que*
 Thomas : *peut-être que l'eau, elle fait comme un démarreur*
 Pierre : *peut-être que l'eau, peut-être qu'il y a un clapet qui empêche l'électricité de passer, elle fait comme la main qui appuie sur l'interrupteur*
 M : *Ah*
 Nicolas : *mais je voudrais savoir si ça marche dans l'autre sens ; si ça marche dans un sens, pourquoi ça marcherait pas dans l'autre ?*
 E : *renverser le sens de la pile !*
 E : *en arrière...*

L'intérêt de cette discussion, outre qu'elle montre que l'utilisation du schéma pour cette voiture n'est pas aussi facile qu'il paraissait au début de la séance, est qu'elle porte explicitement sur la recherche de la source d'énergie nécessaire au fonctionnement du moteur, et sur l'utilité d'une source d'énergie connue (la pile). Les élèves dépassent ainsi le niveau d'une simple correspondance terme à terme entre les éléments du schéma et ceux de la voiture.

Deux hypothèses sont en concurrence :

- la pile est la source d'énergie, l'eau sert à déclencher le moteur ;
- l'eau est la source d'énergie, la pile sert à accélérer son courant pour en faire une "cascade" qui pourra faire tourner les roues.

L'expérience demandée par Nicolas (peut-on faire reculer la voiture) permet de trancher. Rien n'est modifié pour l'eau ; l'inversion des pôles de la pile inverse la marche de la voiture. C'est donc la pile qui fournit l'énergie, l'eau sert à déclencher le moteur. Le schéma est alors écrit. Et c'est seulement à ce moment que l'élève propriétaire de la voiture intervient pour confirmer l'interprétation donnée :

... à travers une recherche sur les rôles respectifs de la pile et de l'eau...

... de préciser un attribut du concept (source d'énergie).

E : *Mon papa m'a dit que dans la voiture, il y avait une éponge et que il y avait deux fils. Alors la pile mettait l'électricité dans l'éponge et quand on mettait de l'eau, l'électricité passait dans l'éponge et ça faisait marcher le moteur.*

Nouvel exemple, questions érudites posées par le maître, comparaisons, autant d'aspect du modèle pédagogique qui apparaissent dans cette phase d'observation-exploration, qui conduit à enrichir les exemples et à préciser un attribut du concept visé.

d'identifier cet attribut,

3) Le maître va proposer ensuite un travail sur un exemple de véhicule non électrique. Il demande aux élèves d'essayer de faire un schéma commun aux deux véhicules à hélice (l'un est à pile et moteur électrique, et l'autre à élastique). Il s'agit donc ici d'enrichir les exemples, et de faire reconnaître aux élèves que la source d'énergie peut être autre chose qu'une pile. Si les élèves ont déjà une idée de ce qu'est la source d'énergie, ils seront dans une phase de représentation au cours de laquelle ils cherchent à identifier dans un exemple la source d'énergie. S'ils n'en ont pas encore une idée suffisante, ils seront toujours dans une phase d'observation-exploration. Et tous ne sont certainement pas au même niveau. La situation de classe doit donc permettre à certains d'exercer leurs connaissances en les soumettant à d'autres exemples et en justifiant leurs réponses et aux autres de continuer la construction du concept en comparant les nouveaux exemples aux précédents, aux remarques faites par leurs camarades.

ou de continuer la construction du concept en cherchant à préciser cet attribut

Les élèves doivent adapter le schéma précédent pour pouvoir l'appliquer au véhicule à élastique, et la question qui va se poser est de savoir si l'élastique est la source d'énergie ou le moteur. Des propositions sont en concurrence dans la classe :

- à la pile correspond soit la main, soit l'élastique qui se détend ;
- à l'action sur le déclenchement correspond la main qui tourne l'élastique, rapidement abandonné quand apparaît la correspondance avec le lâcher de l'élastique ;
- au moteur correspond l'élastique.

La majorité de la classe se rallie à la proposition pile — main et moteur — élastique (sans doute pour avoir des correspondances terme à terme sans répétition), mais le maître introduit le doute :

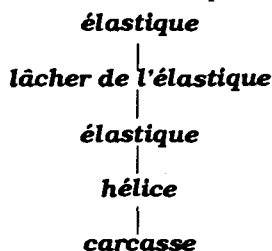
M : *Quand on fait déplacer le véhicule à élastique, est-ce que la main reste et joue un rôle à ce moment ?*

Les élèves avancent des arguments en faveur ou contre cette interprétation et le maître leur demande de préciser par écrit les arguments pour et contre l'interprétation main — pile et élastique — moteur.

Les arguments avancés par les élèves traduisent :

- la recherche d'une cause au mouvement :
la main correspond à la pile car c'est la main qui tord l'élastique qui produira le mouvement de l'hélice, mais le même élève peut dire : l'élastique tordu correspond à la pile car c'est lui qui fait tourner l'hélice ;
- la nécessité d'avoir une analogie terme à terme entre les véhicules, sans répéter un élément : on a alors main — pile et élastique — moteur ;
- la mise en évidence d'une analogie sur l'usure de la source d'énergie :
E : *quand l'élastique est détendu, l'hélice s'arrête*
E : *quand la pile est usée, l'hélice s'arrête*
on a alors élastique — pile et élastique — moteur ;
- la mise en évidence d'une analogie sur la "recharge" de la source d'énergie quand elle est usée : *"il y a des piles qui se rechargent, la main sert à charger l'élastique, on leur fournit de l'énergie"*.

Le schéma sur lequel la classe s'accordera pour décrire le fonctionnement du véhicule à élastique est :



définition de nouveaux attributs :

modification de l'état de la source d'énergie

Si on fait le bilan par rapport à la construction du concept, on voit que de nouveaux attributs ont été définis, relatifs à l'usure de la source d'énergie. On voit aussi que ce schéma ne peut pas rendre compte de l'idée de transfert d'énergie. Lors de la séance suivante, le maître a demandé une modification du schéma de façon à faire apparaître une seule fois l'élastique, ce qui a conduit à mettre le lâcher de l'élastique sur un autre plan :

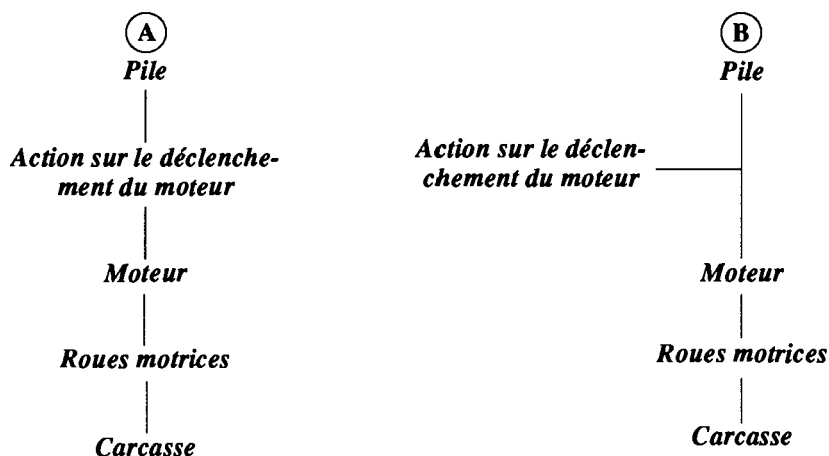


Mais il apparaît que si on peut alors accorder aux traits verticaux du schéma le sens d'un transfert d'énergie, cela n'a pas été du tout perçu par les élèves. On a eu affaire ici à un exercice formel portant sur la façon d'éviter une répétition plutôt que sur l'attribut transfert d'énergie du concept visé. Les élèves ont su réutiliser ce schéma pour les voitures à friction. Cela a permis de vérifier sa validité, et d'augmenter

le nombre d'exemples du concept, mais pas de préciser ou découvrir de nouveaux attributs.

4) Pour faire le point sur l'état de construction du concept par les enfants, le maître leur a proposé un travail individuel de critique et d'élaboration de schémas de fonctionnement de véhicules :

1. Parmi les schémas suivants, lequel te paraît le mieux expliquer le fonctionnement d'une voiture électrique. Dis pourquoi.



Réponse : schéma... :
explication :

2. Tu as fait des schémas pour expliquer le fonctionnement de différentes voitures. Fais un schéma pour expliquer le fonctionnement d'un voilier.

Schéma



Quel est le moteur dans un voilier ?

Quelle est la source d'énergie ?

De l'analyse des réponses des élèves, il ressort que 16 sur 24 préfèrent le schéma dans lequel l'action sur le déclenchement du moteur est mise sur le même plan que les autres éléments.

Une discussion en classe permettra de poser clairement le problème lié à la signification des traits du schéma et ce faisant de dégager l'attribut transfert d'énergie.

Thomas : *Je crois que B est le meilleur parce qu'on voit ici, la pile, l'énergie ne passe pas dans l'action sur le déclenchement du moteur, ce n'est pas une partie de la voiture électrique où passe le courant là-dedans. Il faut faire ça pour que la voiture se mette à marcher. Il faut le mettre séparément parce que si on le met, comme là, on croit que...*

M : *tu parles du schéma A ?*

Thomas : *Sur A, on croit que l'électricité passe dans l'action sur le déclenchement du moteur alors, je trouve ça, je préfère l'autre.*

Silence

M : *Personne ne veut dire autre chose ? Je crois que finalement Thomas a mis le doigt sur le problème essentiel. Il a parlé des traits. Qu'est-ce qu'il a dit au sujet des traits ? A L'instant, qu'est-ce qu'il a dit ?*

Philippe : *Le circuit principal, là, vertical, c'est toutes les choses qui se passent dans la voiture, alors qu'action sur le déclenchement du moteur, ça se passe à cause de nous.*

...

Thomas : *Les traits représentent le trajet de l'électricité*

...

Philippe2 : *moi je ne pense pas parce que l'électricité ça ne va pas dans la carcasse*

E : *non, mais ça veut dire...*

Thomas : *je veux dire que, de la pile au moteur, il y a l'électricité qui passe, qui fait marcher le moteur, ça fait tourner les roues motrices et la carcasse avance. Tout ça c'est à cause de l'électricité.*

M : *Oui, mais il faudrait quand même, puisque tu veux qu'on donne une signification aux traits, il faudrait que la signification des traits soit partout la même. Philippe t'a répondu que de ce point de vue-là, le terme de faire passer l'électricité convient en effet entre la pile et le moteur, mais ne convient pas entre le moteur et les roues, ou entre les roues et la carcasse.*

...

M : *Quelle définition va-t-on donner aux traits ? De façon que tous les traits, à quelqu'endroit qu'ils soient, aient le même sens ?*

Guillaume : *Je sais pas, on pourrait dire que c'est comme une ligne de temps, parce que l'action sur le déclenchement du moteur, ça se passe avant que le moteur tourne.*

...

Philippe : *Le déroulement de la marche*

M : *le déroulement, qu'est-ce qu'on entend par là ?*

Philippe2 : *C'est quand on déclenche, on appuie sur un bouton, dans l'ordre que ça marche*

...

E : *des différentes actions...*

M : *Alors si je prends ce schéma-là (B), dans ce cas-là, le trait, si je pars du moteur, tu dis que le moteur est actionné par la pile, ensuite*

- Valérie : *l'énergie passe d'abord dans le déclenchement du moteur, si on veut l'arrêter, il faut que ça passe avant*
- E : *il faut que ça fasse un détour.*
- M : *Alors si je prends comme définition du trait ce que j'ai écrit au tableau (différentes actions), quel est le schéma qui convient le mieux ?*
- des E : *Le A.*
- M : *Pourquoi ?*
- Sybille : *Parce que l'énergie elle passe directement dans l'action sur le déclenchement du moteur.*
- M : *Attention, vous avez entendu ce qu'elle a dit ?*
- Thomas : *Je ne suis pas du tout d'accord.*
- M : *Qu'est-ce qu'elle a dit ?*
- Thomas : *Elle a dit que l'énergie passait dans l'action sur le déclenchement du moteur.*
- E : *Ben non, puisque*
- Thomas : *moi, je pense que ça ne peut pas se faire*
- Guillaume : *elle s'arrête. C'est comme si un petit tuyau laissait couler de l'eau et puis il y avait une petite barre entre et puis elle s'arrête. Et puis dès qu'on enlève la barre, ça serait l'action sur le déclenchement, ben l'eau continue.*
- M : *Elle a quand même employé un mot important, lequel ?*
- E : *Énergie*
- M : *ce qui nous ramène peut-être quand même au sens que Thomas donnait aux traits. Quel serait le deuxième sens du trait ? Celui qui correspond à ce que Thomas disait ? Lui avait parlé d'électricité, mais Sybille a parlé d'énergie.*
- Thomas : *L'énergie qui va de la pile au moteur, du moteur à la roue motrice, c'est une énergie, le moteur*
- M : *donc si je commence ma phrase par la pile, et si je veux employer le mot énergie, qu'est-ce que je dois dire ?*
- E : *Transmet*
- E : *donne de l'énergie*
- Blandine : *transmet l'énergie*
- E : *au moteur.*
-
- M : *Bon alors, pour en terminer, si on donne aux traits la valeur n°1, c'est-à-dire qui correspondra à la suite, à l'ordre des actions, ..., quel est le bon schéma ?*
- des E : *Le A*
- M : *c'est le A. Tandis que si on donne aux traits la signification "donne de l'énergie à", quel est le bon schéma ?*
- des E : *Le B.*

Au cours de cette discussion, on voit bien la façon dont s'opère la reconnaissance du dernier attribut (transfert d'énergie) du concept visé : la question élucidante qui permet la différenciation des schémas porte sur la signification des traits, et elle arrive à un moment où la classe est prête à l'entendre et à y répondre.

abstraction à partir d'un exemple

L'acquisition du concept a d'ailleurs été vérifiée pour la plupart des élèves, à qui on a demandé individuellement de faire un schéma de fonctionnement pour la mise en mouvement d'une poupée boîte à musique :

- 18 élèves font un schéma faisant intervenir le "lâcher de la poupée" sur un plan différent des autres éléments et traits du schéma,
- 3 élèves font un schéma correct sur le plan énergétique, mais sans faire apparaître le lâcher de la poupée,
- un élève fait intervenir ce lâcher à un niveau incorrect de la chaîne énergétique,
- 2 élèves le font intervenir sur le même plan que les autres éléments, un dernier élève fera intervenir hors de la chaîne énergétique le remontage du ressort.

La majorité des élèves sait donc reconnaître et décrire un exemple proposé par le maître, ce qui correspond pour eux à la troisième phase d'acquisition du concept, l'abstraction, et à un premier niveau d'acquisition de ce concept.

le modèle de B.-M. Barth permet une lecture a posteriori de l'activité...

... centrée sur l'état d'avancement dans la construction du concept

5) On voit donc que le modèle de Britt-Mari Barth peut rendre compte de l'activité, ou plutôt d'un aspect de cette activité : l'état d'avancement dans la construction du concept. Si l'activité de classe avait été construite par référence à ce modèle, les premiers exemples de schémas de fonctionnement, au travers desquels les élèves doivent reconnaître le concept, auraient été proposés par le maître, et les sens attribués aux traits par les élèves n'auraient peut-être pas permis une remise en cause des représentations des élèves : le concept reconnu et désigné pourrait alors seulement coexister avec ces représentations. Ce modèle est intéressant pour lire l'activité a posteriori, du point de vue de l'état d'avancement du concept, mais il ne paraît pas être le plus pertinent pour construire l'activité de classe.

CONCLUSION

L'importation d'un modèle pédagogique établi dans d'autres contextes que celui des activités de classe en sciences à l'école élémentaire se heurte à un certain nombre de limites. Il ne peut rendre compte de tous les aspects de ces activités. Le Conseil National des Programmes rappelait récemment que *"indépendamment de leur contenu, les sciences expérimentales doivent stimuler des "qualités particulières" :*

- *la curiosité devant un phénomène nouveau (peut-on le comprendre ?) ou devant un problème inattendu (comment peut-on l'appréhender ?). Savoir observer, se poser des questions ;*
- *l'esprit d'initiative et la ténacité : concevoir et réaliser un projet, qu'il soit "scientifique" (une expérience) ou "technologique" (conception et fabrication d'un objet). Savoir se battre avec une réalité qui ne se laisse pas faire, ne pas se décourager quand cela ne marche pas ;*
- *le sens critique : apprendre à considérer un problème en cernant les difficultés une à une, savoir essayer et vérifier, construire sa connaissance soi-même par un jeu d'essais et d'erreurs. Ne pas se contenter d'une attitude passive devant une "vérité révélée". (12)*

Le modèle de Britt-Mari Barth ne peut - et ce n'était pas son but - prendre ces objectifs en compte, alors que le modèle par investigation-structuration le permet.

Sur le plan strict de la construction des concepts, le modèle de Britt-Mari Barth peut être performant quand on veut préciser le niveau de construction et d'acquisition des concepts et permettre, sur ce plan, une régulation par l'enseignant des activités qu'il propose aux élèves. C'est ce qu'a montré l'analyse des exemples concernant les isolants thermiques et l'énergie. Mais là encore, des limites existent : il faut aménager ce modèle pour permettre des va-et-vient entre des moments d'exploration et de confrontation avec le réel et de représentation mentale. Il faut surtout ne pas oublier que, en sciences tout au moins, la construction des concepts ne peut pas ignorer les représentations des élèves : sur ce point aussi, le modèle par investigation-structuration est mieux adapté, puisqu'il les prend en compte.

Marie-Anne PIERRARD
IUFM d'Orléans-Tours
Centre de Blois

(12) "Déclaration du Conseil National des Programmes sur l'enseignement des sciences expérimentales" - BO n° 8 - 20 février 1992.

le modèle
investigation-
structuration est
plus adapté pour
élaborer l'activité
de classe en
sciences