

# LA FABRICATION D'ARTEFACTS COMME MOYEN DIDACTIQUE DE CONCEPTUALISATION DE LA RÉALITÉ TECHNIQUE

Colette Andreucci

*L'article propose une analyse psychologique et didactique des épisodes les plus marquants d'une séquence de technologie dans l'enseignement primaire. La fabrication y occupe une place centrale entre l'observation d'artefacts produits dans le commerce et l'évaluation des productions en vue de la mise en évidence de deux principes techniques de construction du mécanisme concerné. L'analyse contribue à faire ressortir l'étendue et la diversité des difficultés cognitives réciproques que professeur et élèves éprouvent pour aboutir à l'intercompréhension nécessaire à l'édification d'un savoir partagé.*

l'intégration  
de l'éducation  
technologique  
à l'école primaire ...

Former les futurs professeurs des écoles à enseigner la technologie paraît tenir d'une gageure. En effet, il s'avère d'abord d'autant plus difficile de cibler et de hiérarchiser leurs besoins en termes de contenus disciplinaires que ce qu'ils auront à enseigner à leurs élèves ne paraît pas clairement défini. Ainsi, contrairement à ce qui se passe dans d'autres pays tel que l'Angleterre (Ager & Benson, 1997), le Canada (Chinien et al., 2002), la Finlande (Rasinen, 2003) ou l'Australie (Fleer, 2000), l'enseignement de la technologie dans le primaire ne fait pas l'objet d'un curriculum clairement délimité quant aux apprentissages à installer et quant aux organisations didactiques à mettre en place à cet effet. En second lieu, contrairement aux nombreuses ingénieries didactiques issues de la recherche *la main à la pâte* qui peuvent aujourd'hui servir de modèles pour enseigner les sciences à l'école, il existe peu de propositions concrètes de séquences de technologie scientifiquement validées sur lesquelles les professeurs pourraient s'appuyer pour construire leurs propres projets d'enseignement. Enfin, il n'est pas davantage possible de s'appuyer sur une connaissance de la psychogenèse de l'intelligence technique pour savoir sur quelles bases étayer et selon quel cheminement faire progresser cette initiation technologique puisqu'on ignore tout, comme le constate Weill-Barais (1995), de la construction de la pensée technique chez l'enfant.

... un contexte  
peu favorable

On comprend ainsi que les enseignants du primaire qui, malgré tout, se risquent à vouloir enseigner la technologie aient souvent du mal à trouver d'emblée les situations didactiques les mieux adaptées aux capacités des élèves du fait de l'ignorance de la *zone proximale de développement* (Vygotski, 1934) de l'intelligence technique dans laquelle se situent les enfants de chaque tranche d'âge.

de nouveaux  
paradigmes  
de recherche

pour faire évoluer  
la discipline

par une meilleure  
connaissance  
des processus  
d'enseignement-  
apprentissage

Il semble que les problèmes ainsi rencontrés sur le terrain et soulevés en amont par la formation des enseignants nécessitent aujourd'hui un certain renouvellement des paradigmes de recherche jusqu'ici dominants dans le champ de l'éducation technologique. Les travaux dans ce domaine (américains ou anglo-saxons pour la plupart) se sont en effet largement multipliés au cours de la dernière décennie mais ils se sont essentiellement focalisés sur des approches curriculaires et des études de faisabilité visant à développer des ressources pour la classe afin d'assurer, dans un premier temps, l'implantation de la discipline elle-même sur le terrain. En revanche, la nécessité d'éprouver et de renforcer la validité de ses dispositifs, devant laquelle l'éducation technologique se trouve à présent, ouvre la voie à des paradigmes susceptibles d'apporter aux professeurs des aides en termes d'outils conceptuels d'analyse et de perfectionnement de leurs pratiques effectives. Plusieurs revues de synthèse récentes (De Miranda, 2004 ; Zuga, 2004) plaident en ce sens en faveur d'une nouvelle direction de travail visant à objectiver les fonctionnements cognitifs qui accompagnent les processus d'enseignement-apprentissage de savoirs techniques en situation de classe. Pour certains auteurs (Cajas, 2000 ; Lewis, 1999), la conduite de ce type d'investigation se heurte toutefois à l'absence de cadre théorique adéquat pour rendre compte des mécanismes à l'œuvre dans la transmission et l'acquisition de savoirs et de compétences techniques. À cet égard, on peut effectivement considérer qu'aucune des trois grandes théories du développement cognitif chez l'enfant n'offre un cadre tout fait satisfaisant pour appréhender la formation de l'intelligence technique en ce qu'elle peut avoir de spécifique. De la même façon, on pourrait être tenté de penser que les outils conceptuels issus des autres didactiques scolaires restent d'une efficacité limitée pour analyser l'activité conjointe et réciproque du professeur et des élèves en cours de technologie. Dans cet article, nous tentons au contraire de montrer que des concepts tels que ceux de milieu, de contrat, de dévolution et d'épistémologie du professeur constituent des analyseurs pertinents du travail réalisé pour construire des savoirs technologiques en classe.

## 1. CONTEXTE ET CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉTUDE

### 1.1. Conditions institutionnelles de conception et réalisation de la séquence étudiée

des pratiques  
peu répandues

La place relativement mineure et incertaine qui est faite à l'éducation technologique dans le primaire en France limite d'autant la possibilité que le chercheur a d'accéder à des pratiques de classes ordinaires de ce type d'enseignement. C'est pourquoi peu de travaux français éclairent le sujet, et c'est pourquoi aussi les quelques travaux menés dans ce sens ont en fait été conduits par des chercheurs proches du

terrain : professeurs d'IUFM en technologie pour la plupart (Bedart-Naji, 2000 ; Chatoney, 2003 ; Lutz et *al.*, 2004 ; Merle, 2000) ou grâce à leur collaboration.

mais encouragées  
dans la formation  
des enseignants

La présente étude n'échappe pas à cette règle. Elle constitue la résultante de coopérations de longue date établies entre les formateurs de technologie de l'IUFM d'Aix-Marseille et une équipe restreinte de chercheurs de l'INRP présente sur place. Cette coopération possède, entre autres avantages, celui de favoriser une certaine mutualisation des données brutes recueillies sur le terrain telles que celles que constituent notamment les enregistrements vidéo filmés de séances de classe. Ces données qui sont parfois, comme on vient de le voir, difficiles ou coûteuses à recueillir, peuvent ainsi être exploitées selon des temporalités, des grains d'analyse et aussi des méthodologies différentes en raison de l'objectif visé.

mise en situation  
des professeurs-  
stagiaires

L'objectif visé par la présente contribution est de même nature que celui qui a présidé à la mise au point de la séquence étudiée : de part et d'autre, il s'agit de contribuer à la formation des professeurs en leur fournissant des moyens de mettre leur pratique à distance afin de mieux l'ajuster aux capacités des élèves et à l'épistémologie du savoir concerné. Au départ, la conception et la réalisation de cette séquence (comme d'autres du même type) fait ainsi partie intégrante du dispositif de formation disciplinaire en seconde année d'IUFM. Compte tenu du quota d'heures très limité (15 heures environ) qui y est alloué à la technologie, l'activité consistant pour les professeurs-stagiaires à devoir, à plusieurs, « *planifier une séquence de classe* » constitue en effet l'un des meilleurs moyens qui ait été trouvé de concilier des éléments de formation théoriques (savoirs du domaine, références pédagogiques, apports des recherches en didactiques) et pratiques (entraînement à l'activité complexe de préparation de séances) tout en contribuant aussi au développement de la discipline sur le terrain. À ce titre, les scénarios que les stagiaires sont chargés d'élaborer doivent satisfaire à certains critères : spécification des intentions didactiques, durée impartie à la séquence, articulation et succession des activités, pérennisation du savoir. Le projet d'enseignement est également mis en application auprès des élèves et, autant que possible, filmé. L'enregistrement vidéo sert en effet lui-même d'élément d'appui pour la formation en ceci qu'il permet, *a posteriori*, de procéder avec les professeurs stagiaires à une co-analyse des moments forts et des épisodes jugés critiques, eu égard notamment à tous les imprévus qui ont dû être gérés dans l'instant de manière plus ou moins efficace. Tout en étant donc très formatrice pour les professeurs stagiaires qui en sont les acteurs et qui prennent ainsi conscience de nombreux phénomènes ou événements didactiques non perçus dans le feu de l'action, cette exploitation « à chaud » de la pratique de classe n'en reste pas moins, habituellement, assez sommaire ou superficielle du fait du manque de recul et du temps très limité à y consacrer. À tout

auto-confrontation  
à leurs pratiques

pour analyser la médiation cognitive à l'œuvre

le moins, les conditions ne sont pas en général réunies pour envisager une divulgation scientifique de ces données auprès d'un public plus large de maîtres.

Une analyse plus systématique et plus fine du processus de *médiation cognitive* à l'œuvre durant ces séquences requiert, quant à elle, une mise à plat des données brutes telle que celle que réalise la transcription *in extenso* des discours échangés pour construire les apprentissages. L'étude des *interactions langagières* est d'ailleurs devenue l'une des méthodes d'investigation privilégiées des recherches en didactiques scolaires à la suite de plusieurs travaux fondateurs (Altet, 1994, Bautier & Bucheton, 1996 ; Kerbat-Orecchioni, 1990 ; Vion, 1992). La pertinence reconnue à cet objet d'étude provient en effet de ce que les relations entre les trois pôles du système didactique (professeur et élèves interagissant à propos d'un savoir) s'explicitent dans les interactions verbales qui servent d'outils de construction du savoir disciplinaire.

## 1.2. Caractéristiques du corpus étudié

une activité de fabrication

L'analyse s'applique ici à une séquence (de trois séances de 50 minutes chacune) conçue puis réalisée dans une classe de CE1 (de 22 élèves) par trois professeurs novices (désormais nommées M, M', M'') qui sont intervenues successivement à une semaine d'intervalle. La séquence étudiée, comme bien souvent en technologie, est construite autour d'une *activité de fabrication*. Toutefois et paradoxalement, ce n'est pas l'observation de ce qui se passe durant cette activité qui est forcément la plus instructive quant aux élaborations cognitives que la fabrication autorise. À tout le moins, tel n'est pas le cas lorsque les élèves travaillent individuellement comme dans cette étude, à la réalisation de leur objet sans que la maîtresse intervienne pour les guider ou pour leur demander de verbaliser leur action. Ceci limite d'autant en effet les interactions verbales qui accompagnent la fabrication (même si les tables sont disposées par groupe de quatre ou cinq élèves). En outre, les conditions d'observation (une seule caméra) ne rendent, quant à elles, que très partiellement exploitables les manipulations concrètes effectuées par les élèves dont quelques uns seulement sont situés dans le champ. Enfin, il s'avère que les activités situées en amont de la fabrication (pour donner aux élèves les moyens de la conduire) et en aval (pour en exploiter les résultats) occupent la majeure partie du temps de la séquence justifiant par là l'intérêt particulier qu'il convient de porter aux interactions verbales qui encadrent la fabrication proprement dite.

trois séances en CE1  
trois professeurs-  
stagiaires

Le fait qu'il s'agisse de professeurs novices, en raison précisément de leur manque d'expérience, met en évidence des difficultés d'ordre didactique et psychopédagogique qui peuvent encore poser problème lorsqu'il s'agit de professeurs plus expérimentés. Il ne s'agit ni de stigmatiser les professeurs stagiaires observés ni d'incriminer leur formation

insuffisante, mais de montrer qu'un certain nombre de concepts en didactique et en psychologie pourraient constituer des outils de formation, de réflexion et d'auto-évaluation à la disposition des formateurs et des formés.

découvrir  
deux solutions  
techniques

Le projet des maîtresses a pour but de mettre les enfants en situation de « *découvrir par eux-mêmes* » l'existence de plusieurs solutions efficaces pour remplir une fonction technique (rouler). Le dispositif didactique associé est volontairement limité, voire épuré, quant au problème technique mis à l'étude (mécanisme simple) afin de rester (à ce que les professeurs estiment être) à la portée d'élèves de CE1. Il prévoit, en ce sens, de ne faire appel qu'aux concepts essentiels requis par la modélisation de la fonction technique étudiée. Ces principes sont toutefois déjà diversifiés et en principe nouveaux pour les élèves : arbre, châssis, roue, système de fixation, butée, parallélisme, frottement.

pour concrétiser la  
fonction « rouler »

Plus concrètement, à l'occasion de la fabrication d'un châssis roulant, préparée par un travail d'observation préalable de petites voitures à pousser, les professeurs stagiaires souhaitent amener les élèves à prendre conscience à la fois de la nécessité qu'il y a d'introduire une mobilité, mais aussi de la possibilité qu'il y a d'appliquer cette mobilité à autre chose qu'aux roues. Le matériel a été diversifié à cette intention (planchettes en carton, tiges en bois, rondelles en carton et en plastique de différentes tailles, attaches parisiennes, scotch, pâte à modeler, élastiques, ciseaux, mais aussi des bouchons de liège prépercés à la dimension des tiges de bois et des pailles) afin de rendre réalisables deux modèles de solutions (S1 : axe fixe – roues libres et S2 : axe mobile – roues fixes). Ainsi, plusieurs choix de matériaux sont notamment possibles pour les roues, mais celui des bouchons de liège conduit à les rendre solidaires de l'axe du fait de la souplesse du liège qui en assure le serrage. C'est donc l'axe qu'il faut, dans ce cas, rendre mobile, la solution (S2) consistant pour cela à l'insérer dans la paille et à fixer cette dernière au châssis. D'où l'idée selon laquelle le libre choix des matériaux laissé aux élèves les orienterait vers l'une ou l'autre des deux solutions ensuite étudiées dans la séquence.

grâce à un matériel  
diversifié

### 1.3. Éléments de méthode

Ainsi préalablement informé du projet didactique des professeurs, le lecteur (comme en général l'analyste lorsqu'il s'agit d'un chercheur impliqué dans l'ingénierie didactique dont il étudie la mise en œuvre et les effets) connaît les intentions du maître, ce que les élèves, quant à eux, ignorent habituellement au départ et ne découvrent que progressivement et d'autant plus tardivement que la séance répond à une pédagogie de la découverte.

interpréter  
ce qui se dit ...

Ceci correspond au fameux « *paradoxe de la dévolution* » décrit par Brousseau (1) (1998) ou à la « *tension* » évoquée par Halté (2) (1999). C'est aussi à cet auteur que nous nous référons du point de vue méthodologique. Ainsi, le fait de vouloir mettre l'accent sur les « *problèmes d'interprétation des énonciations* » nous conduit, comme lui, à considérer que « *dans la mesure où il ne saurait y avoir d'accès direct et sûr aux intentions psychologiquement réelles des protagonistes, c'est en fait le calcul par l'autre des intentions de l'un qui tient lieu d'intention (...). Dans cette direction, la règle d'or est que l'énoncé qui suit donne le sens (et l'intention présumée) de l'énoncé qui précède. (...). Les intentions psychologiques réelles des protagonistes sont donc à la fois psychologiquement déterminantes – elles sont à la base par exemple du scénario pédagogique de l'enseignant – et peu utiles à l'analyse qui ne tente d'établir que des spéculations calculables des intentions* ». L'analyse relative à l'activité de conceptualisation des deux modèles de solutions techniques conduit, quant à elle, à regarder ensuite plus spécifiquement les obstacles liés à la complexité des opérations cognitives (accommodation des schèmes de pensée disponibles) requises par le problème soumis aux élèves.

... en fonction  
des effets produits

## 2. CHRONIQUE DE LA SÉQUENCE

observer des voitures  
miniatures ...

Ce premier niveau de description vise à rendre compte de l'organisation de l'ensemble de la séquence en termes de succession des activités proposées aux élèves.

**La première séance** (001-077) (3) comporte trois phases principales.

... et fabriquer  
un châssis roulant

À l'issue d'une rapide présentation du cadre de l'intervention par la maîtresse, un premier travail d'observation (et de manipulation mais sans démontage) de petites voitures du commerce (à pousser à la main) est d'abord confié aux élèves avant de faire l'objet d'une discussion (001-045). Le matériel mis à disposition pour fabriquer « *un objet roulant* » est ensuite rapidement présenté aux élèves (046-066).

La dernière demi-heure de la séance est consacrée à la fabrication en l'absence de tout échange ou presque (067-077) à l'exception de ceux occasionnés entre les élèves pour se faire passer le matériel.

- 
- (1) « *Le maître souhaite que l'élève veuille ne tenir la réponse que de lui-même mais en même temps il veut, il a le devoir social, de vouloir que l'élève donne la bonne réponse. Il doit donc communiquer ce savoir sans avoir à le dévoiler, ce qui est incompatible avec une relation contractuelle* » (Brousseau, 1998)
- (2) « *Un heurt de principe, au moins une tension, est à attendre entre l'ouverture que requiert l'apprentissage par la découverte et la fermeture qu'impose l'apprentissage dirigé dans une institution organiquement paradoxale, puisqu'elle ne peut être efficace que si elle dirige d'une part et que, d'autre part, elle trouve sa limite d'efficacité dans le fait même qu'elle dirige* » (Halté, 1999).
- (3) Cette numérotation renvoie au comptage des tours de parole.

mise à l'épreuve  
des fabrications

**La deuxième séance** (078-403) démarre par un bref rappel de ce qui s'est passé lors du cours précédent (097-113) suivi par l'énoncé du but de la séance du jour : « *essayer de comprendre pourquoi certaines voitures roulent et pourquoi d'autres ne roulent pas ou en tous cas ne roulent pas très bien* ».

On assiste ensuite à une tentative de débat sur ce qu'il s'agit d'entendre par « *voiture qui roule* » ou pas et à une description du travail à réaliser (115-227) faisant appel à diverses notions (châssis, axe, système de fixation).

À l'issue de la mise à l'épreuve des fabrications, différents élèves passent au tableau à tour de rôle pour présenter une fabrication jugée défectueuse ou efficiente (228-403) dont l'exploitation par la maîtresse permet de caractériser deux types de solutions techniques (roues fixes et axe mobile – axe fixe et roues libres) qui sont ensuite comparées.

institutionnalisation  
des solutions

**La troisième séance** débute par un rappel du vocabulaire utilisé et du travail effectué précédemment (404-422) et se prolonge par l'institutionnalisation des deux modèles de solutions récapitulés sur une fiche [les voitures qui ne roulent pas et celles qui roulent] lue à haute voix.

La maîtresse laisse ensuite 15 minutes aux élèves pour reprendre leur fabrication en vue de l'améliorer (423-440). Puis, un second document [aide mémoire pour la fabrication de ce type d'objet] est distribué et les élèves sont invités à récapituler la description des deux solutions techniques examinées lors du cours précédent (463-542).

Deux constats ressortent de cette première description.

interactivité  
et rôle constructeur  
de la fabrication

Le premier a trait au contraste entre la densité des interactions de chaque séance : la première comporte 77 tours de parole contre 325 pour la seconde et 138 pour la troisième. Il apparaît évident que cette forte disparité tient avant tout à la nature différente des activités confiées aux élèves. Lorsqu'il s'agit, comme dans la première séance, de faire en sorte que les élèves observent d'abord le fonctionnement d'un objet afin d'être ensuite capables de (re) produire un mécanisme qui remplit la même fonction technique, l'essentiel de l'activité s'effectue en silence ou à voix basse entre les élèves qui collaborent peu puisqu'il s'agit ici d'une production individuelle.

Le second constat concerne l'*option constructiviste* (au sens piagétien du terme (4)) qui sous-tend cette séquence où l'élève est placé en situation d'apprendre par lui-même de ses propres actions de transformation du réel. Pour atteindre leur objectif, à savoir parvenir à mettre en évidence deux types de solutions techniques, les maîtresses ont en effet fait le choix de s'appuyer

(4) En ce sens que le professeur s'attend à ce que l'élève assimile (incorpore à ses schèmes ou ses cadres de pensée) le donné de l'expérience et que « *assimiler un objet (ou une situation) c'est agir sur lui pour le transformer en ses propriétés ou ses relations. L'activité de transformation qui intervient dans le processus d'assimilation est essentielle : c'est la coordination de ces actions qui constituera le cadre, ou "schème" auquel seront incorporés ultérieurement des objets ou des événements nouveaux* ». (Piaget. *Psychologie et épistémologie génétiques*. Paris : Dunod. 1966, p. 128).



sur le travail des élèves : d'abord en les invitant à *fabriquer*, c'est-à-dire à concrétiser par eux-mêmes des modèles de solutions qu'ils ont dû également *concevoir*, puis en les invitant à *tester* et à analyser ces réalisations en vue d'en extraire les spécificités. On retrouve ainsi dans cette séquence les activités emblématiques de la discipline (5).

### 3. ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DU PROFESSEUR ET DES ÉLÈVES

#### 3.1. Constats liés aux caractéristiques générales de l'activité proposée aux élèves

##### • Nécessité d'organiser le milieu didactique

Pour autant, et pour ne pas risquer précisément de compromettre ce caractère constructiviste de la séquence en obligeant le professeur à imposer l'un des modèles de solution, il aurait été opportun d'organiser le « milieu » didactique (Brousseau, 1998) de telle sorte que les élèves s'orientent vers des choix techniques différents susceptibles de susciter des confrontations de points de vue. Or, aussi bien *l'homogénéité du matériel* (identique pour tous les groupes) que *l'absence de directives particulières* (6) ont au contraire conduit les élèves à tous réaliser le même type de mécanisme (axe fixe / roues libres) à une exception près : une seule élève (Emma) a pensé à utiliser la paille présente dans le matériel pour fabriquer un système muni d'un axe mobile et de roues fixes. Il s'est donc avéré d'autant moins aisé pour M' d'institutionnaliser ce modèle de solution qu'il n'était fondé que sur un seul exemple qu'aucun élève, pas même Emma, n'est parvenu à expliciter :

le milieu favorise  
la solution  
la plus évidente ...

292 M :	<i>Oui mais qu'est-ce qu'elle a mis Emma en plus qui est très très intéressant ?</i>
293 E :	[Au tableau] <i>Elle a mis une paille</i>
294 M :	<i>Elle a mis un morceau de paille. Pourquoi à ton avis ? Est ce que vous en avez parlé dans votre groupe ? Vous en avez parlé ensemble ? Emma tu peux nous expliquer pourquoi tu as pensé à mettre l'axe dans une paille ?</i> [Silence d'Emma]. <i>Ça t'est venu comme ça ?</i> [Approbation de la tête]
295 Fan :	<i>Moi je sais</i>
296 M :	<i>C'est quoi l'avantage d'avoir mis l'axe dans la paille ?</i>
297 Fan :	<i>Ben pour solidifier, euh, le truc pour pas qu'il casse</i>
298 M :	<i>Est-ce que vous pensez que le fait que ce soit dans une paille ça rend l'ensemble plus solide ?</i>
299 EE :	<i>Non</i>
300 EE :	<i>Oui</i>
301 M :	<i>Non, ça ne le fragilise pas mais ça ne le rend pas plus solide</i>

- (5) Ainsi, l'éducation technologique se trouve-t-elle désignée dans de nombreux pays par le sigle D (pour *design* ou conception), M (pour *making* ou fabrication) et A (pour *appraise* ou évaluation).
- (6) Par exemple, les élèves auraient pu être incités à rechercher une solution originale, ou plusieurs solutions chacun, ou à opérer des catachrèses à l'aide d'une suggestion du type « *il sera peut-être intéressant de donner une utilité inhabituelle à certains objets* ».



... et limite  
l'exploration  
des possibles

Ainsi, et à l'évidence, l'élève est-il parfois amené à réussir bien avant de pouvoir conceptualiser son action (Piaget, 1974) et la réussite peut-elle être d'autant plus inaccessible que, sous couvert d'autonomie, l'activité exploratoire de l'élève se trouve en fait à la fois restreinte du fait de l'absence de consignes pour l'orienter et contrainte par des conditions matérielles de réalisation uniformes. Dans le même ordre d'idées, Rogers et Wallace (2000) critiquent le fait que le matériel ne soit pas fourni de manière individualisée, à la demande de chaque élève en fonction de la fabrication qu'il projette, la mise à disposition préalable des mêmes matériaux et outils pour tous ayant au contraire tendance habituellement à limiter d'autant le champ des possibles envisagés par les enfants.

**• Caractère apparemment inhabituel pour les élèves de ce type de séquence**

En effet, bien que la séquence ait lieu en milieu d'année scolaire, la maîtresse se sent manifestement contrainte de procéder d'abord à une présentation de ce qu'est la discipline. C'est ensuite l'enjeu de savoir de la séance qui est énoncé dans la foulée avant qu'une première allusion soit faite à la fabrication : (7)

003 M :	<i>[...] Vous voyez on est quatre (7) maîtresses et on va venir trois fois, trois lundi de suite dans votre classe pour travailler avec vous en technologie. Alors, la technologie c'est l'étude des objets qui sont fabriqués par l'homme, des objets ou des machines fabriqués par l'homme. Et nous on va travailler plus précisément avec vous sur ce qui roule, sur les objets roulants [...]. Donc, vous pouvez faire ça, réfléchir <b>ensemble</b>, parce que là, c'est <b>vous</b> qui allez essayer de <b>comprendre tous seuls</b> comment l'objet que <b>nous</b> allons fabriquer <b>ensemble</b> va rouler.</i>
---------	---

présentation  
conjointe  
des enjeux  
de la discipline  
et de la séance

On peut, en conséquence, supposer que les élèves découvrent ici tout à la fois quel est globalement l'enjeu de la technologie en tant que discipline scolaire (étude des objets techniques), quelle est la nature spécifique des objets qu'on y étudie (fabri-cations humaines), quel va être l'objectif plus délimité de la séquence qui démarre (étude de la fonction « rouler ») et autour de quel type d'activité emblématique (fabrication) l'éducation technologique est structurée. Confirmant par là que c'est à des critères extrinsèques que les disciplines scolaires sont reconnues dans le primaire (Lebeaume et al., 2000), les élèves découvriront en outre deux semaines plus tard (en fin de troisième séance) que, ce qui était simplement pour eux « *le cahier bleu* » est en fait leur cahier de sciences qui, pour l'occasion, servira donc aussi à garder la mémoire de ce qui a été appris en technologie :

---

(7) Sont également présentes dans la salle de classe, la maîtresse habituelle (M0) et la formatrice de l'IUFM qui a réalisé l'enregistrement vidéo de cette séquence dont nous avons assumé l'intégrale retranscription en vue de la présente analyse.

533 M'' :	<i>Tu sais si ils ont un cahier d'éveil ou de sciences ?</i>
534 M' :	<i>Le mieux c'est de leur demander</i>
535 M0 :	<i>Donc vous mettez ces deux feuilles dans votre cahier de sciences d'accord</i>
536 E :	<i>De sciences ?</i>
537 E :	<i>Quel cahier de sciences ?</i>
538 E :	<i>De texte ?</i>
539 M'' :	<i>Vous n'avez pas de cahier de sciences ?</i>
540 M0 :	<i>Si ils ont un cahier de sciences. C'est le « cahier bleu ». C'est parce qu'on l'appelle le « cahier bleu ».</i>
541 E :	<i>Ah oui !</i>
542 E :	<i>Le cahier bleu maîtresse ?</i>

### • Dévolution présumée de l'activité de fabrication

responsabilité  
cognitive  
et matérielle  
de la fabrication ...

On peut considérer qu'une certaine posture dévoluante ressort aussi des déclarations initiales faite par la maîtresse dans la mesure où elle annonce aux élèves un travail dont elle va rester en retrait (« *c'est vous* »... « *tous seuls* »). Toutefois, le concept de dévolution – tel que Brousseau (1998) et d'autres auteurs (Sarrazy, 2001) l'entendent – désigne beaucoup plus qu'une simple posture interactive de l'enseignant. En tant que « *moyen didactique* » visant à faire assumer par les élèves la responsabilité tant matérielle que cognitive de leur apprentissage, le processus de dévolution suppose, en effet, une certaine a-didacticité des situations auxquelles les élèves sont confrontés ou certaines caractéristiques intrinsèques (motivation à agir, progressivité des difficultés, confrontation des résultats de l'action à leur anticipation, confrontation à des points de vue différents ou contradictoires, dynamique interne liée à la nécessité de dépasser des conflits d'ordre cognitif ou socio-cognitif, etc.) qui en assurent l'aspect constructeur. Plus banalement, il se peut donc que ces déclarations de la maîtresse soient simplement guidées par le souci de faire travailler les élèves « en autonomie » ainsi que le recommandent les instructions officielles qui peuvent conduire – non pas forcément à concevoir des ingénieries particulières – mais parfois simplement à faire réaliser des tâches relativement standards avec un minimum de directives ou d'encadrement. Effet de stéréotype pédagogique ou manifestation d'une vue constructiviste de l'apprentissage ? Il faut pour en juger analyser de plus près la réalité du travail confié aux élèves.

... confiée  
aux élèves

### • La délicate question de la délimitation du champ conceptuel exploré

La seconde indication apportée par la première maîtresse en ce début de séance traduit la difficulté liée à la délimitation de l'objet d'étude de la séquence en termes de *champ conceptuel* (Vergnaud, 1990) exploré. Les maîtresses ont manifestement fait le choix, ainsi que la suite de la séquence le confirme, de parler d'un champ relatif aux « *objets roulants* ». Ce choix n'était peut-être pas le plus approprié du fait de l'extension

relativement large que les enfants de 8-9 ans sont susceptibles d'attribuer à la classe d'objets ainsi dénommée. Ils devraient notamment être en mesure d'englober sous cette étiquette tous les objets équipés de roues (vélo, patins à roulettes, planche à roulettes, brouette, caddie, voiture, camion, tracteur, etc.) si ce n'est aussi les objets sphériques (boule de pétanque, bille, ballon, etc.). Ils ont pu croire ainsi qu'on allait leur proposer un travail portant sur une panoplie d'objets diversifiés (chariot, poussette, voitures – à friction, voitures télé guidées, voitures à lanceur à crémaillère...) alors que la première activité les a conduits à tous explorer le même type d'objet (matériel homogène constitué de petites voitures qu'il faut pousser à la main). Pourquoi les maîtresses n'ont-elles pas annoncé alors un travail portant sur les petites voitures ? Il semble qu'elles aient souhaité en cela aider les élèves à abstraire le sous-système (plancher – axe – roues dorénavant désigné par P.A.R) qui serait fabriqué ensuite en leur évitant de focaliser leur attention sur des pièces non pertinentes pour l'étude à mener.

artefacts étudiés

« [...] *Et avec ce matériel je vais vous demander de fabriquer un **objet roulant**. Je vais **pas dire voiture parce que on va pas s'intéresser...** Vous avez vu dans une voiture, je vais vous faire un petit dessin très simple. Je dessine pas très bien, hein, je vais vous faire un petit dessin très simple d'une voiture. Bon, ça on va dire c'est le plancher de la voiture. Tout ce qui est au dessus c'est là où on met les gens, c'est l'habitacle, c'est là où vous vous asseyez, où s'assoit le conducteur. Et en dessous on a les roues, eh bien **nous** on va s'intéresser qu'à **cette partie-là**. L'habitacle, on verra plus tard. On cherchera des idées ensemble pour construire un habitacle après **mais là**, on va s'intéresser qu'à cette partie là, d'accord ? » (046 M)*

« objets roulants »

En deuxième semaine, la seconde maîtresse (M') se laisse malgré tout aller, quant à elle, à parler de voiture. Mais, elle finit par se reprendre en se rattachant alors au terme plus générique « *d'engin* » dont rien ne garantit pourtant qu'il ne soit pas d'une extension très réduite chez les élèves du primaire, le concept d'*objet technique* étant lui-même appréhendé de manière de plus en plus sélective par les collégiens (Andreucci & Ginestié, 2002).

plutôt que  
« petites voitures »  
ou « engins »

« *Donc, la consigne de la semaine dernière c'était d'observer une petite voiture, d'essayer de comprendre comment elle roulait, et de construire un objet qui roulerait. D'accord ? On en était arrivé là, vous avez tous construit un **objet qui roule**. Qui roule plus ou moins bien, on verra. Alors le but de la séance aujourd'hui, ça va être de revenir sur ce que vous avez fait pour essayer de comprendre pourquoi certaines **voitures** roulent et pourquoi d'autres voitures ne roulent pas, ou en tous les cas ne roulent pas très bien. Alors, d'abord il faudrait qu'on se mette d'accord sur ce qu'on va accepter comme **voiture** qui roule, et les **voitures** qu'on va pas rejeter, mais dire qu'il faudrait leur apporter des améliorations pour qu'elles roulent.*

Alors, à votre avis, qu'est-ce qu'une **voiture** qui roule..., enfin **un engin qui roule** ? Oui ? » (115 M')

• **Satisfaction liée à la réalisation personnelle d'une œuvre**

Le caractère épuré de la fabrication pour concilier ...

L'alternative s'est ainsi apparemment posée aux maîtresses de faire réaliser aux enfants une œuvre à la fois personnelle et personnalisée ou de s'en tenir, comme ici, à la réalisation individuelle d'un mécanisme épuré mais plus apte à favoriser un apprentissage abstrait. C'est pourquoi il est vraisemblable qu'il leur a aussi paru préférable de parler d'objet roulant plutôt que de voitures : afin d'éviter que les élèves ne soient ensuite déçus de n'avoir à s'intéresser qu'à la réalisation du sous-système PAR. Cette frustration éprouvée face au caractère limité de la fabrication transparait malgré tout la semaine suivante lors du rappel par un élève du travail déjà effectué. Le sentiment du caractère inachevé de l'objet réalisé est très net : « *Ben la semaine dernière on a fait... on a **commencé** à faire le **début** d'un objet qui roule.* » (098 Fan)

Mais ce sentiment paraît lui-même compensé par la fierté ressentie face à la réalisation personnelle d'une œuvre. Ainsi, l'élève invité à la suite à préciser cette première réponse, fait-il allusion, pour sa part, à l'autre aspect marquant de la séance passée, à savoir l'autonomie laissée pour fabriquer. À la maîtresse qui demande : « *Vous avez commencé à faire le début d'un objet qui roule. Qui est-ce qui peut préciser ?* » Ali répond : « *Eh ben on a fait un objet roulant, **tout seul.*** »

... les enjeux cognitifs et socio-affectifs de l'activité

On voit donc bien en quoi, à elle seule, la dénomination de la classe des objets auxquels s'applique l'étude n'est déjà pas simple à déterminer du fait des considérations de divers ordres (cognitif et socio-affectif) qui s'y attachent et des raisons alternatives qui peuvent être mises en balance. Ainsi, le fait de désigner des objets par leur propriété fonctionnelle (objets roulants) a-t-il sans doute été de nature à favoriser sur le moment une centration appropriée sur le sous-système PAR réellement étudié. En revanche, il n'est pas certain que cela n'ait pas ultérieurement induit les élèves à penser que tout objet roulant pouvait être fabriqué selon les deux principes édictés au cours de la séquence. En effet, la séquence s'est achevée sans que la question du champ d'application du savoir institutionnalisé ne soit posée.

### 3.2. Aspects relatifs aux intentions et conceptions des ces maîtresses en formation

• **Double finalité, épistémique et pragmatique de l'éducation technologique**

Les premières indications fournies au début de la séance 1 (M. 005 et M. 010) sont elles-mêmes instructives quant à une dimension importante de l'activité didactique, à savoir l'épistémologie de l'enseignant eu égard à la finalité culturelle de la technologie ou à certains mécanismes de l'apprentissage.

005 M :	<i>Alors, avant de nous lancer dans les fabrications plus compliquées, je vais vous distribuer quelque chose que vous connaissez par cœur vu que vous en avez tous à la maison [...] Vous regardez ce que vous connaissez bien [...]</i>
010 M :	<i>Donc ce que je vais vous demander de faire, dans un premier temps, c'est de regarder ces petites voitures. Alors pas vous amuser avec comme vous avez l'habitude, mais de bien les regarder pour essayer de comprendre comment elles roulent. Ce qui nous intéresse c'est de savoir comment elles roulent.</i>

des constructions  
cognitives pour  
une action efficace

Comme le souligne à juste titre Vérillon (2004) : « on peut dire de manière schématique, que pour un certain nombre d'approches savantes de la technique (Séris, 1994 ; Perrin, 1991 ; Vérin, 1993 ; Layton, 1991) si la science se donne un projet épistémique de production de connaissances, la technique poursuit un projet pragmatique de production d'avantages matériels ». D'où l'hypothèse avancée par notre collègue selon laquelle « les élaborations cognitives seraient de nature différente dans ces deux sphères », la construction cognitive étant « recherchée pour elle-même en tant que représentation explicative du monde en sciences » quand « elles constituent des moyens à disposition de l'action efficace » en ce qui concerne la technique.

réussir mais aussi  
comprendre ...

Les données observées ici vont bien dans ce sens. En effet, s'il s'agit dans le cadre de cette séance d'accéder à la compréhension d'un mécanisme, c'est en vue de savoir comment le reproduire de manière efficace. Le projet épistémique visant à construire des savoirs est donc bien présent comme en témoigne le recours conjoint aux verbes « comprendre », « connaître » et « savoir », mais il concerne l'élaboration d'un savoir de nature opératoire, y compris en ce qui concerne la finalité assignée aux documents écrits que les élèves vont conserver dans leur cahier comme cela est indiqué en fin de séquence par la troisième maîtresse (M<sup>3</sup>) : « J'ai dit on arrête ! Les bureaux sont dégagés ? Alors qu'est-ce qu'on va faire maintenant ? Vous avez essayé de réparer vos voitures. Vous avez réussi ou pas mais c'est pas très grave. L'essentiel c'est que vous ayez **compris** comment ça fonctionne, d'accord. Peut-être que votre maîtresse vous laissera l'occasion de réparer de nouveau votre voiture, sachant qu'avec elle aussi vous allez construire ce qui entoure la voiture, c'est-à-dire ce que l'on appelle l'habitable, d'accord. Pour terminer cette série d'interventions, avec les autres maîtresses, on a préparé un petit..., comment je pourrais appeler ça, un petit aide mémoire. C'est-à-dire si vous deviez reconstruire un objet, **ce à quoi il faudrait que vous repensiez**, d'accord ? Cela vous aidera à le reconstruire, donc vous pourrez vous aider de la fiche n° 1 et de la fiche n° 2. » (463 M<sup>3</sup>)

... pour réussir  
de nouveau

Le projet pragmatique, visant à construire un objet efficace, semble lui-même être au service de la conceptualisation. Ainsi en atteste le fait de ne pas engager les enfants à se lancer directement dans la fabrication. En effet, s'il s'agissait avant tout pour le maître de faire construire un objet techniquement performant, nul doute que le moyen le plus sûr

construction  
préalable d'une ...

pour lui d'y parvenir serait de guider les élèves pas à pas dans la réalisation, en évitant qu'ils aient à prendre des initiatives ou des décisions par eux-mêmes. C'est bien parce qu'il est au contraire prévu ici que les élèves assument l'entière responsabilité de la fabrication (cf. la dévolution évoquée plus haut) qu'il faut les y préparer en leur offrant la possibilité de s'en construire d'abord un modèle mental ou une image opérative.

... représentation  
du but à atteindre

Le travail d'observation préalable de petites voitures est donc destiné à remplir cette fonction de construction d'une représentation individuelle du but à atteindre ou d'*étayage* au sens de Bruner (1983) : il s'agit grâce à ce premier travail de « reconnaître une solution d'une classe déterminée de problèmes avant d'être capable soi-même de produire les démarches qui y conduisent sans aide ». Que la perfection technique ne soit pas la priorité recherchée n'enlève rien pourtant au fait qu'il convient, malgré tout, que tous les enfants puissent se montrer capables de produire un objet efficace. Cet impératif est d'ailleurs clairement affirmé la fois suivante par la seconde maîtresse : « *Le but c'est que vous partiez tous avec un petit engin qui roule, quand même.* » (134 M')

Des consignes émises au départ (M. 005) ressortent aussi deux conceptions que cette maîtresse possède de l'apprentissage.

#### • **Fonction d'aide à la compréhension conférée à l'observation**

regarder ne suffit  
pas pour voir ...

Le premier aspect participe d'une théorie naïve de la cognition (« regarder... bien regarder... pour comprendre ») selon laquelle il suffirait de regarder pour voir, autrement dit pour extraire les éléments du réel pertinents, et de voir pour comprendre ce qui est vu, autrement dit pour savoir donner du sens aux observables.

Or, comme l'ont clairement montré nombre d'études piagétienne, les observables sur lesquels l'enfant est en mesure de se centrer ou ceux qu'il parvient à mettre en relation pour donner du sens à la situation dépendent très largement du niveau de développement de ses structures mentales dont l'achèvement (atteinte du raisonnement formel) n'intervient pas avant 11-12 ans.

voir ne suffit pas  
pour comprendre  
ce qu'on voit

La maîtresse semble donc faire preuve d'optimisme en pensant que l'observation des petites voitures donnera accès à la compréhension du mécanisme d'autant que le démontage, propre à faciliter la prise d'observables, n'en est pas réalisé.

#### • **L'intelligence des objets techniques vue comme combinaison de points de vue en interaction**

Le second aspect est plus directement lié à la nature des objets étudiés en technologie et au type de rapport utilitariste que les élèves ont déjà noué avec eux. Les enfants entretiennent en effet, et ce depuis leur plus jeune âge, un commerce incessant avec des artefacts de toute sorte, ce qui n'est pas le cas de la

dépasser  
le rapport utilitariste  
aux artefacts

plupart des « œuvres humaines » (littéraires, artistiques, scientifiques) de nature savante que les autres disciplines scolaires ambitionnent de leur faire découvrir. Il en résulte qu'en technologie, l'étude conduit souvent à devoir dépasser un premier mode de « *rapport primaire* » (Simondon, 1958) aux objets techniques, sachant que les schèmes sociaux d'utilisation (Rabardel, 1995) auxquels ils sont déjà associés peuvent constituer un obstacle à la construction d'un nouveau point de vue à leur égard ainsi que nous l'avons montré à propos de la contamination du concept logico-mathématique de volume par les concepts socio-techniques de capacité (Andreucci & Roux, 1992) et d'encombrement (Andreucci, 2003).

passer  
d'une posture  
pragmatique à  
une posture réflexive

Or, on observe bien que, à la suite de l'énoncé de la première tâche, la maîtresse ressent le besoin de mettre en garde les élèves contre le fait qu'il ne s'agit pas ici de se placer dans la posture habituelle (en l'occurrence ludique face, comme ici, à un jouet) qui est celle de l'utilisateur de l'objet concerné (« *Alors pas vous amusez avec, pas forcément les faire rouler comme vous avez l'habitude* »). Elle chercherait donc en cela à fournir une *aide cognitive* aux élèves en les encourageant à abandonner une posture pragmatique au profit d'une posture réflexive. L'indication ainsi apportée aux élèves pourrait certes être aussi, et plus simplement, motivée par la crainte de voir tous les enfants se mettre à jouer sur les tables. On ne peut toutefois écarter l'hypothèse selon laquelle ce professeur serait au contraire pleinement conscient de la spécificité et de la difficulté du travail cognitif qui consiste, en technologie, à opérer des décentrations (8) pour (dé) passer d'un (un seul au départ) point de vue (celui de l'utilisateur) aux autres (ceux de concepteur et de constructeur) et accéder, *in fine*, à la compréhension de la façon dont ces différents points de vue se complètent et interagissent entre eux.

opérer  
des décentrations  
et coordonner  
des points de vue

La spécificité de cet investissement mental nous est d'ailleurs confirmée par le fait qu'il s'agit d'un phénomène qui transparaît dans d'autres séances de technologie. Ainsi, le protocole lié à la description en commun d'un vélo en maternelle conduit-il Nonnon (2001) à souligner de son côté que : « *le discours technologique met en relation, à travers la notion de fonction, plusieurs espaces mentaux : l'espace de l'utilisateur (...) et l'espace de l'objet technique en tant que système mécanique. Le dialogue didactique fait passer d'un espace à l'autre et tente de construire les relations, partant tantôt de l'un tantôt de l'autre : soit on pose le point de vue de l'usager et on le met en rapport avec le fonctionnement de l'objet en tant qu'objet technique, soit on passe de la description du système mécanique aux fonctions qu'il permet d'assurer* ».

(8) On connaît le rôle objectivant que les opérations cognitives de décentration jouent dans la théorie piagétienne en ceci qu'elles permettent à l'enfant de dépasser l'égoïsme initial qui l'empêche notamment d'accéder au point de vue des autres.



## 4. DIFFICULTÉS DE L'INTERCOMPRÉHENSION

### 4.1. De la difficulté, pour les élèves, à se faire comprendre de la maîtresse

• **La pauvreté du lexique technique des élèves : source éventuelle de malentendu**

des compétences langagières limitées pour décrire les objets

La suite de la séance 1 offre l'occasion de passer à la description de l'activité des élèves. En effet, à l'issue d'un temps d'observation de cinq minutes laissé aux enfants, la maîtresse organise la description en commun des petites voitures en interrogrant successivement différents enfants. Il s'ensuit une première série d'échanges qui s'apparente, au moins au départ, à un dialogue de sourds :

017 Lae :	<i>Ben là il y a un truc en fer, c'est pour ça que les roues elles peuvent bouger ; elles peuvent rouler. Y a un truc en métal qui permet de tenir les roues pour qu'elles roulent..</i>
019 M :	<i>Donc, toi tu nous dis que déjà on a besoin de roues.</i>
020 Lae :	<i>Non. Là il y a...</i>
021 M :	<i>Tu nous parlais d'un petit truc en fer, mais c'est des roues dont tu nous parles ?</i>
022 Lae :	<i>Non.</i>
023 Max :	<i>Non c'est de ça qu'elle parle [montre la pièce concernée].</i>
024 M :	<i>D'accord c'est le petit truc en fer qui...</i>
025 E :	<i>Oui là.</i>
026 M :	<i>D'accord. Et toi ? [donne la parole à un autre élève].</i>

Dans les phases intermédiaires vouées à la construction d'un savoir partagé, l'analyse de l'activité du professeur ne peut être dissociée de celle des compétences dont les élèves font preuve et de la façon dont elles sont susceptibles d'évoluer ou non sous l'effet de l'exploitation en retour qu'en fait le professeur.

désigner des objets techniques par leurs propriétés

En l'occurrence, on a pu montrer (Schoultz, 1997) que les élèves du primaire méconnaissent largement le vocabulaire technique et plus précisément encore (Parkinson, 1999) qu'ils ignorent les termes spécifiques (arbre, axe, essieu) qui servent à décrire les mécanismes. Ainsi, pour se faire comprendre des autres, et en particulier de la maîtresse, les enfants ont recours aux compétences langagières limitées dont ils disposent. Celles-ci consistent, comme le confirme notre protocole, à utiliser un mot « valise » (tels qu'en français les termes « chose », « truc », « machin ») tout en précisant l'entité désignée à l'aide de la spécification de certaines de ses propriétés. Le discours de Lae (« ben là il y a un truc en fer, c'est pour ça que les roues... ») en constitue une nouvelle illustration. Il confirme, en outre, les observations de Parkinson selon lesquelles ce sont les attributs relatifs au matériau et à la fonction qui servent de premiers descripteurs privilégiés des artefacts (avant la forme ou la localisation spatiale notamment).

**• Les contraintes imposées par le respect  
du scénario et la gestion stratégique  
des apports qui anticipent trop son avancée**

l'explicitation  
du premier modèle  
de solution ...

L'élève Lae utilise donc les moyens à sa disposition pour rendre compte de ce qui, à ses yeux, est en cause dans le problème mis en discussion et toute la question est de savoir si elle a ou non « vu juste » à cet égard. On peut être d'autant plus tenté de le croire que, plus loin dans la séquence, l'explicitation du second modèle de solution provient aussi de cette élève. Bien que s'exprimant de manière malhabile, il semble que d'emblée, Lae cherche à rendre compte à la fois de la nécessité de l'existence d'un axe pour maintenir les roues et de l'explicitation d'un premier modèle de solution (roues mobiles). Comme toujours, les inférences qui consistent à extrapoler du discours à la pensée se révèlent toutefois hasardeuses. C'est pourquoi il convient de faire une large place au contexte dans nos interprétations.

Considérer que le discours de l'élève est sans équivoque c'est en effet induire, de ce fait même, que la maîtresse fait preuve d'une certaine mauvaise foi vis-à-vis des élèves :

- d'abord lorsqu'elle reformule la réponse de Lae en la vidant de son substrat pour la ramener à un objet plus évident : « *donc / toi tu nous dis que déjà on a besoin de roues* » ;
- puis, lorsqu'elle semble feindre de ne pas comprendre de quoi parle l'élève (« *tu nous parlais d'un petit truc en fer / mais c'est des roues dont tu nous parles ?* ») après que celle-ci a pourtant contesté la façon dont sa réponse a été reprise (« *non, là il y a...* »), joignant le geste à la parole pour désigner ce qu'elle ne sait pas nommer.

... déformée  
par la maîtresse ...

Il est manifeste qu'en réemployant elle-même à deux reprises le mot « *truc* » sans inviter l'élève à s'explicitier plus avant, la maîtresse ne cherche en rien à faire progresser le débat à ce stade de la leçon. Le fait est, en outre, qu'un autre élève, Max, qui a lui-même très bien compris ce dont Lae parle, tente de venir à sa rescousse : « *non c'est de ça qu'elle parle* ». L'enseignante serait ainsi la seule à ne pas savoir décrypter le discours de Lae.

Cette incompréhension est-elle pour autant intentionnelle ou non ? Si la question se pose, c'est qu'il pourrait très bien s'agir d'un geste délibéré dont l'efficacité est d'ailleurs souvent prouvée. On serait, dans ce cas, en présence d'une technique didactique visant en quelque sorte à prêcher le faux pour obtenir le vrai ou à faire la sourde oreille afin d'obtenir de l'élève qu'il s'explique mieux ou davantage.

... peut être  
intentionnellement ...

La similitude qui existe entre M. 019 (« *donc / toi tu nous dis que déjà on a besoin de roues* ») et M. 041 qui clôture l'activité un peu plus loin (« *alors là je crois que vous êtes à peu près tous d'accord : vous avez repéré qu'on avait besoin de roues pour rouler* ») invite cependant à mettre de côté cette interprétation. On constate, en effet, que la conclusion du débat re-boucle sur ce que le professeur a repris de la première réponse qui lui a été apportée.

... pour ne pas brûler les étapes ...

La maîtresse semble donc avoir été réellement surprise par la pertinence de la première contribution à ce débat, ce qui tendrait à prouver l'existence, à ce niveau, d'une sous-estimation des capacités d'analyse du fonctionnement d'objets techniques simples dont certains élèves de cet âge peuvent faire preuve. La maîtresse aurait ainsi été contrainte à faire la sourde oreille pour sauver la situation.

En effet, ce à quoi elle se tient la conduit à anticiper un petit peu sur la suite quand, au lieu de cela, exploiter cette première réponse aurait conduit à privilégier un premier modèle de solution en brûlant plusieurs étapes du déroulement de la séquence au risque de compromettre son cours normal.

... ni compromettre l'expérimentation

Le caractère contraint de la situation explique donc la conduite adoptée par ce professeur. N'étant pas seule maîtresse du dispositif, puisque placée dans un contexte d'expérimentation à plusieurs d'un scénario conçu en commun, ce professeur novice s'est retrouvé face à une sorte de dilemme : faire preuve d'une certaine mauvaise foi eu égard aux élèves ou se désolidariser du projet qui la lie à ses collègues. En définitive, ce professeur a donc préféré faire une sorte d'entorse au contrat didactique (qui veut qu'en général les réponses qui contribuent à faire avancer le savoir soient reprises ou renforcées positivement) plutôt que d'enfreindre le contrat expérimental sous-jacent au recueil de ces observations.

**• La diversité des référents possibles :  
source de confusion pour les élèves**

quels artefacts considérer ?

Le partage entre professeur et élèves d'un même espace discursif suppose *a minima* qu'ils s'accordent sur l'objet dont ils parlent. On pourrait penser qu'en technologie le risque de distorsion à cet égard est moins grand que dans d'autres disciplines, telles que les mathématiques notamment, du fait de la matérialité ou du caractère par essence « *ostensif* » (Bosch, 1994) ou manipulable des objets auxquels le discours en classe s'applique. Ce serait toutefois ne pas tenir compte des difficultés objectives qu'il y a à introduire en classe la plupart des objets techniques, soit que leur taille, leur prix, leur poids ou d'autres caractéristiques s'y opposent.

les « petites-voitures » ...

Dans bien des cas en technologie on a donc recours à des maquettes ou à des modèles réduits de systèmes réels. Dans le cas présent, l'activité attendue des élèves s'applique à des objets miniaturisés, non pas, comme bien souvent dans le cas des maquettes, pour des besoins strictement didactiques, mais du fait de la fonction ludique première que ces petites voitures sont chargées de remplir. Les supports techniques auxquels les élèves sont ici confrontés offrent donc la particularité de pouvoir être appréhendés comme des représentants de deux classes d'objets : celle des jouets et celle des voitures. Comme en témoigne la suite des interactions, certains élèves ont donc cru pertinent d'extrapoler la question posée par la

maîtresse (« comment elles roulent ? ») aux représentants de la classe parente, se référant par là, comme le dit Fan aux « vraies » voitures que sont, pour elle, les automobiles par opposition aux voitures qu'il faut pousser ou tirer à la main.

026 M :	<i>D'accord / et toi [donne la parole à un autre élève]</i>
027 Fan :	<i>Eh ben en fait dans les vraies voitures il y a un mécanisme dedans, là</i>
028 M :	<i>Oui</i>
029 Fan :	<i>Quand on ouvre normalement le capot et ben y a quelque chose pour mettre du gasoil</i>
030 M :	<i>Ah mais toi tu nous parles des vraies voitures moi je te parle juste du jouet voiture comment ce petit jouet roule. Ah parce que les vraies voitures là... là ça deviendrait un peu compliqué !</i>

... ou les « vraies »  
voitures ? ...

La maîtresse va évoquer le fait que la question serait alors beaucoup trop compliquée pour recentrer l'attention sur le jouet. Elle ne tente donc pas de « faire vivre », ne serait-ce qu'un court instant, l'apport de Fan en dépit des connaissances empiriques qu'il reflète (cf. les mots « mécanisme », « capot », « gasoil »). Le contexte (respect du timing fixé, anxiété due à la présence de la caméra) peut cependant, là encore, expliquer cette conduite de fermeture.

Il n'en reste pas moins indéniable que l'apport suivant (pas 031) confirme la solution différente que les élèves estiment devoir apporter à la question selon le référent privilégié.

031 Elo :	<i>Ben il faut les faire rouler avec la main / et y a un petit fer qui tient les roues qui quand on tourne ça, ça fait que les roues bougent, par terre en appuyant comme ça.</i>
031 M :	<i>D'accord / alors c'est ton bras qui en poussant la voiture fait tourner les roues / d'accord / est-ce qu'il y en a qui ont d'autres idées ou une idée différente ? Oui ?</i>
032 E :	<i>Ben en fait / c'est un peu pareil que quand on marche parce que quand on marche on avance / et la voiture quand les roues roulent / ça la fait avancer</i>
033 M :	<i>D'accord. Oui ?</i>

... selon le cas,  
le problème  
est différent

La remarque de Elo (« ben il faut les faire rouler avec la main ») est tout à fait exemplaire à cet égard : le mode de propulsion du jouet mécanique est entièrement dépendant de l'activité corporelle de l'utilisateur. Ce type de point de vue est confirmé par le raisonnement analogique avec la marche fait au pas suivant. Comme on le voit, dans l'esprit de ces élèves, la question posée n'implique pas seulement de préciser ce qui permet d'assurer techniquement la fonction « rouler » du jouet. Ils ressentent aussi la nécessité de préciser le type d'intervention requis de la part de l'utilisateur et ceci, d'autant plus sans doute, que l'énergie fournie pour la propulsion ou la traction provient ici de l'utilisateur. En effet, contrairement à d'autres objets de la même famille qu'ils connaissent incontestablement (voitures téléguidées), le fait est que ces voitures nécessitent d'être poussées ou tirées pour rouler.

Si l'effet exercé par l'ensemble du dispositif artefact-utilisateur dans l'approche des fonctions techniques paraît ainsi difficile à éviter, cela remet d'autant plus en cause le choix d'un type de matériel donné à l'exclusion d'autres relevant de

la même catégorie conceptuelle. En d'autres termes, si la séance avait bien pour enjeu didactique l'examen de la fonction rouler des véhicules en général, alors le débat aurait gagné à être élargi à d'autres types d'objets roulants (hippomobiles, véhicules motorisés, systèmes à ressort...) pour dégager ce qu'elles possèdent comme attributs communs (système PAR) indépendamment de leurs spécificités.

#### 4.2. De la difficulté pour le professeur de ne pas trop en dire pour laisser les élèves trouver par eux-mêmes

La manière dont la maîtresse clôture l'activité, quelques pas plus loin, confirme son refus d'institutionnaliser prématurément un modèle de solution qui contraindrait ensuite l'activité de fabrication confiée aux élèves. Elle doit s'en tenir à ce qui fait évidence pour tous, afin de laisser aux élèves le choix ultérieur d'une solution. Elle laisse ainsi passer une proposition (celle d'Elo) cruciale qui met en relation moteur axe et roues mais qui comporte à nouveau l'inconvénient d'être décalée par rapport au dispositif étudié qui n'inclut pas les engins motorisés. Mais, du même coup, le professeur est amené à conclure par une tautologie qui tend à répercuter sur les élèves la banalité des constats auxquels il convient provisoirement de s'en tenir (« *vous avez repéré qu'on avait besoin de roues pour rouler* »).

ne pas induire  
le choix  
d'une solution ...

039 M :	<i>D'accord, ben vous avez de bonnes idées quand même, je me rends compte. Oui ?</i>
040 Elo :	<i>Eh ben, c'est ces petites barres en fer, c'est pour les tenir au moteur que quand tu fais avancer et ben ça tourne.</i>
041 M :	<i>Alors là je crois que vous êtes à peu près tous d'accord, vous avez repéré qu'on avait besoin de roues pour rouler.</i>
042 E :	<i>Ben oui.</i>
043 Elo :	<i>Ça semble normal, hein.</i>
044 Ang :	<i>Ben oui sinon comment on fait ?</i>
045 M :	<i>Ça semble normal, chut, mais qu'il y a peut-être besoin d'autre chose que des roues. C'est peut-être un peu plus compliqué, mais là on va pas chercher d'autres réponses pour le moment. Moi je crois que ce qui est important c'est que vous disiez ce que vous avez vu en premier. Je vais vous présenter du matériel que je vais distribuer à chaque groupe, et avec ce matériel je vais vous demander de fabriquer un objet roulant. Je ne vais pas dire voiture [...].</i>

... quitte à en rester  
à une évidence

La frustration à nouveau éprouvée par les élèves prend ici la forme d'un raisonnement *a contrario* (« *ben oui sinon...* »). L'enseignante, quant à elle, n'est manifestement pas dupe de l'absence de représentation commune constituée au travers du débat. C'est ainsi qu'au lieu d'associer l'auditoire à la prise en charge énonciative (« **alors on est bien d'accord, on a vu que...** ») la maîtresse s'exprime au titre de locuteur individuel qui émet un point de vue personnel (« *je crois que...* ») et, qui plus est, nuancé quant à l'opinion consensuelle des élèves

(« vous êtes à *peu près* tous d'accord »). De la même façon, le statut hypothétique du constat établi («... *il y a peut-être* besoin d'autre chose... *c'est peut-être* un peu plus compliqué »), en laissant planer le doute, constitue par-là même une ouverture, et comme une invitation pour chaque élève à réinvestir dans la fabrication son propre mode de compréhension de la réalité technique concernée.

## 5. L'ÉMERGENCE DES DIFFICULTÉS DE L'APPRENTISSAGE EN SITUATION

obstacles  
rencontrés  
par les élèves ...

... et maladroites  
didactiques ...

... liés à l'ambition  
de la fabrication

L'un des intérêts majeurs de l'analyse fine de cette séquence est lié au fait que sa réalisation a permis aux professeurs en formation de découvrir en quoi le travail proposé aux élèves comportait des obstacles difficilement surmontables pour la grande majorité d'entre eux dans des conditions de faible guidage ou étayage de leur action. Les expérimentations didactiques les plus formatrices pour les professeurs stagiaires sont d'ailleurs celles qui, à cet égard, comportent le plus de phénomènes imprévus (voire de « ratés ») dont ils peuvent ainsi prendre la mesure afin d'apprendre à y faire face. Il ne s'agit donc pas dans le cadre de cet article de gommer ou d'atténuer les insuffisances ou les maladroites qui ont accompagné la réalisation de cette séquence sous prétexte que cela pourrait contribuer à donner une image dépréciative de la pratique de ces maîtresses, dont l'anonymat est de surcroît respecté par souci déontologique. Loin d'ailleurs de porter un quelconque jugement négatif sur la façon dont ces enseignantes sont parvenues à s'acquitter de leur projet, nous leur reconnaissons au contraire l'incontestable mérite d'avoir conçu un projet didactiquement ambitieux en cherchant à faire en sorte que l'activité de fabrication proposée aux élèves soit véritablement pour eux l'occasion d'enrichir leur conception de la réalité technique. Le fait que cette ambition se soit révélée, comme on va le voir, difficile à tenir à l'épreuve des faits n'est donc jamais, lui-même, que la contrepartie de l'exigence et du haut niveau d'attente que ces professeurs en formation s'étaient fixés.

### 5.1. Découverte par les enseignantes de la complexité et de la charge émotionnelle des tâches proposées

Ainsi, la sous-estimation des connaissances antérieures des élèves relevée lors de la première séance fait place à une surestimation de leurs capacités lors de la séance ultérieure. Ce second cours a débuté sur l'annonce implicite d'un travail d'écriture :

078 M' :	<i>Alors, vous débarrassez votre table.</i>
079 EE :	<i>Oui.</i>
080 M' :	<i>Vous gardez une feuille et un stylo.</i>
081 Pab :	<i>J'ai pas de feuille.</i>
082 M' :	<i>Le reste vous pouvez le ranger.</i>
083 Elo :	<i>De n'importe quelle taille ?</i>
084 M' :	<i>Comment ?</i>
085 Elo :	<i>De n'importe quelle taille ?</i>
086 M' :	<i>Quoi la feuille ? Ben oui une feuille de brouillon [...]</i>

multiplicité  
des tâches  
soumises aux élèves

L'objectif de la séance (cf. M' 115, § 3.1) comporte plusieurs tâches : s'entendre sur des critères d'efficience des fabrications en vue de les trier, ensuite, faire en commun l'analyse d'une fabrication satisfaisante ou non, préparer par écrit la présentation qu'un élève de chaque groupe sera ensuite chargé d'aller en faire au tableau. Le travail à accomplir s'avère ainsi éminemment complexe à comprendre et à réaliser pour des élèves de CE1, et ceci en dépit de la décomposition par l'enseignante de l'activité sous forme de sous-buts intermédiaires. Le premier objectif donne lieu cependant à une formulation inadaptée. Le problème est, en effet, plusieurs fois posé par le professeur en termes de tout ou rien (« *l'objet roule ou ne roule pas* ») plutôt qu'en termes de plus ou moins bien (ou plus ou moins droit, ou plus ou moins longtemps ou facilement) ce qui a pu induire les élèves à penser que chaque fabrication était bonne ou mauvaise (ou juste ou fausse à l'image de l'appréciation dichotomique attribuable au résultat d'un calcul ou à l'orthographe d'un mot). Le problème paraît aussi au début en partie faussé en ceci que, contrairement à ce qui est d'abord indiqué, l'évaluation implique non pas un mais plusieurs critères possibles.

Ainsi, une fois placées en situation, les professeurs-stagiaires ont-elles pu prendre la mesure des difficultés cognitives, mais aussi de la charge émotionnelle de l'activité proposée :

119 M'	<i>Je voudrais qu'on arrive à une définition de ce qui roule, enfin un critère qui permet de dire cette voiture elle <b>roule</b> et cette voiture elle <b>roule pas</b> [...]</i>
124 M'	<i>[...] Il y a des voitures où les roues ne tournent pas très bien alors est-ce qu'on va pouvoir les accepter comme engin qui roule ?</i>
128 M'	<i>[...] Il va falloir que vous essayiez les voitures et que vous les classiez entre celles qui roulent et celles qui ne roulent pas [...] Alors il ne s'agit pas de dire... enfin, je veux dire, si votre voiture ne roule pas, c'est pas <b>dramatique</b>, hein. N'en faites pas une <b>maladie</b>. On va pas se <b>battre</b> parce que les copains auront dit : « ta voiture elle roule mal ». D'accord ? Ensuite, vous allez choisir une voiture qui roule et une voiture qui roule pas, et un rapporteur dans chaque groupe sera chargé de venir au tableau et de présenter la solution technique, c'est-à-dire d'expliquer pourquoi cette voiture elle roule dans le cas de la voiture qui roule, et pourquoi cette voiture ne roule pas dans le cas de la voiture qui ne roule pas. C'est compris ?</i>
131 M'	<i>Chut. Silence. Donc la première opération, c'est de séparer les voitures entre celles qui roulent et celles qui roulent pas. Je l'écris là [au tableau].</i>



double dimension :  
cognitive  
et socio-cognitive

Comme on le voit, l'activité consistant à expertiser la production d'autrui comporte en outre une dimension socio-affective qui conduit le professeur à devoir en dédramatiser l'enjeu. Au plan cognitif, la compréhension du travail à faire exige, quant à elle, plusieurs explicitations et, pour finir, un début de réalisation en commun qui montre la difficulté de s'entendre sur l'efficacité d'une fabrication.

134 M' :	<i>[...] Alors séparer les engins qui roulent et ceux qui ne roulent pas, ok. Quand vous aurez tous séparé les voitures, on prendra cinq minutes pour se mettre d'accord sur un critère bien précis pour les voitures qui roulent et qui roulent pas</i>
138 M' :	<i>Donc, pour l'instant il faut choisir les voitures celles qui roulent et celles qui roulent pas. Regardez. Est-ce que celle là elle roule ?</i>
139 EE :	<i>Ben oui</i>
140 EE :	<i>Non</i>
141 E :	<i>Non elle perd ses roues</i>
142 M' :	<i>Elle roulera pas longtemps celle-là. Et puis elle roule pas bien droit. Hop, elle ne roule plus OK ? [...]</i>

impossibilité  
pour les élèves  
de tout découvrir  
seul

Le professeur va donc ensuite apporter une aide supplémentaire en énonçant quelques critères et indices sur lesquels fonder le tri attendu (roule vs roule pas). Les élèves auraient sans doute pu en trouver un certain nombre par eux-mêmes (les roues se détachent, elles ne restent pas droite...) si la question avait été posée plus clairement (par exemple : « quelles sont toutes les raisons pour lesquelles certaines voitures ne roulent pas bien ou pas très bien? »). En revanche, il ne fait guère de doute qu'ils ne seraient pas parvenus par eux-mêmes à extraire les concepts techniques sous-jacents à ces différents défauts. La décision prise par la maîtresse d'en introduire certains (axe ; rotation ; frottement) dans la foulée paraît donc tout à fait appropriée. Il était hors de portée d'élèves de CE1 qu'ils dressent eux-mêmes l'inventaire des contraintes techniques en jeu dont toutes n'ont pas d'ailleurs été élucidées (fixation, centrage, positionnement et solidarité ou non des roues par rapport à l'axe, position des axes entre eux et des roues entre elles, fixation et mobilité ou non de l'axe par rapport au châssis, jeu fonctionnel permettant la rotation des roues ou serrage assurant la liaison complète...).

144 M' :	<i>Les roues quittent l'axe. La voiture avance pas droit bon ça c'est une voiture qui ne roule pas d'accord ? Il faut que les roues tournent. Chut ; écoutez-moi bien. Est-ce que j'ai votre attention ?</i>
145 EE :	<i>Oui.</i>
146 M' :	<i>Il faut que les roues tournent. Il faut que la <b>rotation</b> des roues, le fait qu'elles tournent, se passe avec un minimum de <b>frottement</b>. Si la voiture est bloquée et qu'il faut pousser fort pour la faire avancer, ça ne roule pas. Si les roues se sauvent, ça ne roule pas non plus d'accord ? [...]</i>

Au demeurant, la tâche d'écriture annoncée en premier, mais située en dernier dans le cours de l'activité, n'a donc toujours pas été décrite. D'où la remarque pertinente d'une élève qui contraint la maîtresse à dévoiler enfin le but du travail à faire.

Toutefois, la tâche qui consiste pour les élèves à évaluer la production d'autrui est suffisamment complexe et inhabituelle pour que l'idée que l'on puisse dire ce qu'on pense du travail d'autrui n'aille pas de soi à cet âge (cf. aussi un peu plus loin E. 191) :

148 Elo :	<i>Et la feuille elle sert à quoi ?</i>
149 M' :	<i>Bonne question ! La feuille, elle va vous aider par groupe à préparer la présentation que vous allez faire au tableau de la voiture qui roule et de la voiture qui roule pas. Est-ce que tout le monde a classé les voitures ? [...]</i>
163 M' :	<i>Alors je vous ai préparé quelque chose pour vous aider à faire la présentation [...] ce qu'il faut que l'on comprenne c'est la solution qui a été trouvée par l'élève, donc comment il a utilisé le matériel qu'on vous avait distribué et comment il les a agencé les uns avec les autres pour que la voiture roule.</i>
166 Ang :	<i>Oui mais on dira ce qu'on veut ?</i>

## 5.2. Découverte de la nécessité pour le professeur d'introduire et d'explicitier les sens des concepts

La suite conduit à introduire d'autres concepts techniques (châssis, arbre, système de fixation). Cependant, tout se passe comme si l'injonction actuelle qui enjoint les professeurs de faire découvrir aux élèves le maximum de choses par eux-mêmes les conduisait aussi et par là à ne plus s'autoriser à imposer des connaissances, à moins de s'en justifier.

explicitier le sens  
des concepts

Ceci paraît vrai y compris dans les cas où il s'agit, comme ici, d'introduire de nouveaux mots (« *c'est un vocabulaire que peut-être vous ne maîtrisez pas* »... « *autant que vous connaissiez le bon mot, hein* »). Le concept est pourtant impossible sans les mots et « *la pensée conceptuelle impossible sans la pensée verbale* » comme l'indique Vygotski (1985, p. 157). Toutefois, pour devenir fonctionnels, les mots ont besoin d'être reliés à une signification. Or, l'explicitation du sens des termes qui serait indispensable à l'entrée dans ces concepts fait ici en partie défaut. Pour l'essentiel, cette explicitation est faite en effet à la demande, en réponse à des manifestations individuelles d'incompréhension, ce qui est un moyen d'atténuer l'effet frontal de la transmission de connaissances au profit d'un aspect interactif. Se posant ainsi manifestement le problème de savoir si elles doivent introduire et expliciter elles-mêmes ces concepts ou laisser les élèves les trouver par eux-mêmes, les maîtresses découvrent donc ici que cette seconde solution n'est pas possible :

170 M' :	<i>Alors on avait dit que pour faire la petite voiture il fallait un châssis</i>
171 E :	<i>c'est quoi le châssis ?</i>
172 M' :	<i>Le châssis c'est le socle. Vous avez tous choisi un carton puisque de toute façon on ne pouvait choisir que ça. [...]. Par contre pour les roues vous avez tous choisi des solutions différentes.</i>
173 :	<i>oui</i>

174 M' :	[...] <i>Pour la barre qu'on appelle un <b>axe</b> ou un <b>arbre</b> qui joint les roues là, vous n'avez pas tous choisi la même solution non plus.</i>
[...]	
185 M' :	<i>Alors tout ça c'est ce qu'on va appeler système de fixation [...] Vous remplissez là le choix qui a été fait pour les roues, le choix qui a été fait pour l'axe, et comment tout cela est relié entre eux donc le <b>système de fixation</b>.</i>
186 M0 :	<i>Est-ce que tu peux répéter Clémentine ce que c'est qu'un axe</i>
187 Clé :	<i>Un axe c'est ce qu'il y a en dessous de la petite voiture et qui permet aux roues de se relier.</i>
188 M' :	<i>Est-ce que vous avez des questions ? Ou est-ce qu'il y a des choses que vous en comprenez pas parce que là <b>c'est un vocabulaire que peut-être vous ne maîtrisez pas</b></i>
189 Ari :	<i>Je ne comprends rien</i>
190 M' :	<i>Tu ne comprends rien ? oui ?</i>
191 E :	<i>Ben en fait il faut faire, il faut commencer par « je », « j'ai fait » ?</i>
[...]	
196 M' :	<i>Voilà est-ce que tout le monde a compris ce qu'il fallait faire ?</i>
200 Lae :	<b>Fixation ça veut dire quoi ?</b>
201 M' :	<i>Le système de fixation c'est comment vous avez relié les éléments de la voiture entre eux, si vous avez choisi d'attacher les roues à l'axe ou pas, comment vous avez fait tenir les roues au châssis [...]</i>
203 M' :	<i>Eliot alors qu'est ce que tu n'as pas compris ?</i>
206 Eli :	<b>J'ai pas compris l'axe</b>
207 M' :	<i>Alors, l'axe c'est ce qui relie les deux roues entre elles</i>
[...]	
211 Tho :	<b>Moi c'est le châssis</b>
212 M' :	<i>Le châssis, c'est simple ; le châssis c'est ça, c'est le carton, c'est le socle où les gens vont s'installer dans la voiture. Ca s'appelle le châssis. <b>Autant que vous connaissiez le bon mot hein</b> [...]</i>

Un peu plus tard encore est introduit le concept technique de butée, mais toujours avec ce même besoin pour l'enseignant de se disculper d'introduire ce savoir : « *Oui, la solution ce sera un système qui empêche la roue de quitter l'axe. Ca s'appelle une butée. Je vous le dis parce que vous ne pouvez pas l'inventer. Donc une butée sur l'axe qui empêche la roue de s'en aller* » (271 M').

### 5.3. Coopération entre maître et élèves dans l'élaboration du savoir

impliquer les élèves dans l'élaboration des solutions

Ayant constaté lors de la première séance qu'une seule élève avait fabriqué un mécanisme équipé de roues fixes montées sur un axe mobile, les professeurs ont sans doute pris conscience de la nécessité qu'il y aurait de consacrer plus de temps à l'analyse de cette solution (S2) en seconde semaine. Cette élaboration a lieu en dernière partie de la séance 2 qui est fortement interactive puisqu'elle fait l'objet d'un dialogue entre le professeur et chacun des trois élèves qui se succèdent au tableau et auquel la classe apporte son soutien.

Les élèves sont donc fortement associés à l'édification du savoir, mais l'élaboration la plus coûteuse au plan cognitif

apports sous forme  
de propositions  
pratiques

est effectivement celle liée à la présentation de S2. Cette présentation (il s'agit de la voiture d'Emma : E. 272 à M. 336) est d'ailleurs aussi celle qui est de loin la plus longue (cinquante-quatre tours de parole contre treize, vingt-trois et dix pour les autres) bien qu'au total les échanges relatifs à chacune des solutions s'équilibrent du fait qu'un seul modèle de S2 a pu être analysé.

Les interactions relatives à S1 montrent que les élèves sont principalement sollicités pour indiquer quelle amélioration pourrait être apportée à la fabrication. Ils effectuent donc en retour des propositions pratiques (utiliser tel matériau plutôt que tel autre, en mettre un peu plus ou un peu moins, en mettre ailleurs...) ce qui tend à focaliser les conceptualisations sur la question de l'utilité respective des matériaux sans vraiment rentrer dans l'analyse structurale dont l'intérêt est lié à l'existence des deux variantes S1 et S2 :

255 M :	<i>Maintenant les enfants tout le monde écoute Angelina qui va présenter sa voiture [...]</i>
258 Ang :	<i>Ben en fait elle ne roule pas parce que les roues des fois elles se tamponnent, et puis des fois les roues quand on va trop vite elles se [?]. C'est mal fait</i>
259 M' :	<i>Alors, c'est pas une question d'avoir mal fait ou pas [...]. Et la solution qu'on pourrait apporter à cette voiture pour qu'elle roule correctement ce serait ?</i>
260 Ang :	<i>C'est de <b>mettre du scotch</b> pour que ça tienne [...]</i>
269 M' :	<i>[...] La solution pour que la roue ne quitte pas l'axe, c'est quoi ? Oui ?</i>
270 E :	<i>De <b>mettre soit des agrafes</b> parisiennes ou de la pâte à modeler pour pas que ça parte [...]</i>
338 M' :	<i>Bon se sera la dernière voiture qu'on va présenter aujourd'hui /</i>
339 Fan :	<i>Moi j'ai deux voitures à proposer, j'en ai une qui roule et une qui roule pas. Celle qui roule pas, c'est l'exemple d'Éloïse. Enfin moi je dis qu'elle roule pas parce que les roues elles sont trop fines pour que ça roule et aussi il y a de trop petits (?). Et puis c'est collé avec de la pâte à modeler, c'est pas bien parce que ça peut se détacher. Enfin là, ça se détache pas.</i>
340 M' :	<i>Alors effectivement, le problème avec la voiture d'Éloïse, bon on sait déjà que la pâte à modeler pour fixer les axes, ça ne marche pas très bien [...]</i>
344 M' :	<i>Elle avait choisi de laisser la roue libre mais la roue flotte sur l'axe. Alors qu'est-ce qu'elle pourrait faire Éloïse ? / Qui est-ce qui a une idée ?</i>
345 Fan :	<i>Ben elle pourrait <b>mettre plus de pâte à modeler</b>, peut être que ça tiendrait mieux</i>
346 M' :	<i>Alors est-ce qu'il suffirait de rajouter de la pâte à modeler là au bout en butée ?</i>
347 E+ :	<i>Non</i>
348 M' :	<i>Il faut en mettre où ? [...]</i>
352 M' :	<i>Alors Fanny propose qu'elle mette <b>plus de pâte à modeler</b> pour rapprocher la roue du châssis / est-ce que c'est une solution acceptable ? [...]</i>

la découverte  
de l'avantage  
du liège

L'élaboration de S2 s'appuie sur la contribution de Lae (présentatrice de la voiture d'Emma) qui, *a posteriori*, rend en partie raison de ce second modèle de solution avec l'appui lexical de la maîtresse. Lae, a compris que le liège, en raison de son élasticité, assure le serrage des roues ce qui dispense donc de mettre une butée (ordinairement nécessaire pour assurer le maintien de la roue sur l'axe en S1) et permet d'éviter le frottement de la roue sur le châssis :

272 Lae :	<i>Je vais présenter une voiture qui roule. Elle roule en fait parce que y a pas les roues trop près du... du...</i>
273 M' :	<i>Du châssis</i>
274 Lae :	<i>Du châssis et aussi on a pas besoin de mettre, euh, un, une...</i>
275 M' :	<i>Une butée</i>
276 Lae :	<i>Une butée pour que ça tienne parce que <b>le liège et ben ça tient</b>, c'est fixe</i>
280 M' :	<i>[...] Alors quelle solution Emma a trouvé pour le châssis ?</i>
281 Lae :	<i>Ben elle a trouvé un morceau de carton</i>
282 M' :	<i>Comme vous tous, que ce soit ce carton blanc ou le carton un peu ondulé, le châssis c'était du carton</i>
283 Lae :	<i>Pour les roues, elle a choisi du liège [...]</i>
287 Lae :	<i>Ben parce que le liège il... c'est parce que le trou il est suffisamment petit pour que cela tienne.</i>
285 Lae :	<i>Et ben.</i>
288 M' :	<i>[...] Exactement. Là dans la réalisation d'Emma, y a pas de problème de... enfin les roues ne quittent pas l'axe parce que le trou qui a été fait dans les bouchons de liège est de la taille de l'axe ; ce qui fait que <b>la roue est solidaire de l'axe, c'est-à-dire qu'elle est fixe</b>. Elle ne bouge pas sur l'axe. Alors pour que la voiture roule qu'est ce qu'elle a fait Emma par contre ?</i>
289 Lae :	<i>Pour que ça roule elle a mis des axes et des roues.</i>
290 M' :	<i>Oui d'accord, mais regardez.</i>
291 Lae :	<i>Elle a mis du scotch.</i>
292 M' :	<i>Oui mais qu'est-ce qu'elle a mis Emma, en plus, qui est très très intéressant ?</i>
293 Lae :	<i>Elle a mis une paille.</i>

Mais Lae, pas plus que les autres élèves, ne parvient pas à pousser le raisonnement jusqu'au bout en considérant que la fixité des roues contraint en revanche à conférer une mobilité à l'ensemble (bloc axe-roues) grâce à la paille dans lequel on l'insère et que l'on fixe au châssis. La fixité des roues rendues solidaires de l'axe constitue ainsi pour les élèves de ce niveau un obstacle qu'ils ne peuvent pas (ou exceptionnellement) surmonter d'eux-mêmes, soit qu'ils ne ressentent pas la nécessité qu'il y a, dans ce cas, d'appliquer une mobilité à l'ensemble, soit qu'ils ne voient pas comment concilier, à l'aide d'une pièce supplémentaire, cette mobilité avec le fait de devoir relier (fixation) ce bloc au châssis.

Tout porte ainsi à penser qu'au niveau du CE1 le concept de *fixation* n'est pas dissocié du concept de *fixité* d'où l'impératif qui aurait dû consister, comme on le verra pour finir, à recourir à d'autres qualificatifs que « *fixe* » et « *fixé* » pour parler aux élèves de la mobilité (ou du degré de liaison entre les pièces) d'une part et du mode d'assemblage des pièces entre elles de l'autre.

Du fait de cet obstacle, la question posée par la maîtresse de « l'avantage » offert par la paille n'a donc pas reçu de réponse satisfaisante ce qui a finalement contraint la maîtresse à devoir caractériser elle-même les deux modèles distincts de solutions.

#### 5.4. Découverte de l'effet non structurant du matériel

296 M' :	<i>C'est quoi l'avantage d'avoir mis l'axe dans une paille ?</i>
297 Fan :	<i>Ben pour solidifier, euh, le truc pour pas qu'il casse</i>
298 M' :	<i>Est-ce que vous pensez que le fait que ce soit dans la paille ça rend l'ensemble plus solide ?</i>
301 M' :	<i>Non, ça ne le fragilise pas mais ça ne le rend pas plus solide. Oui ? Regardez, qu'est-ce que ça fait ?</i>
303 M' :	<i>Voilà sur la voiture d'Emma, les roues sont fixes. Avec le liège les roues sont fixes sur l'axe. Mais pour que ça roule, il faut quand même que cela puisse tourner. C'est quoi l'avantage de l'avoir mis dans la paille ? Regardez.</i>
304 E :	<i>Ah oui pour que ça tourne</i>
305 M' :	<i>Voilà, l'axe est libre dans la paille ce qui permet à la voiture de rouler. Et ce qu'elle a fixé au châssis c'est la paille et l'axe est libre, il peut tourner.</i>
328 M' :	<i>[...] Alors le système de fixation sur la voiture d'Emma, qui est-ce qui résume ?</i>
336 M' :	<i>Voilà et là on a une des premières solutions qui est d'avoir des roues fixes et un axe qui tourne.</i>
361 M' :	<i>Oui je pense que la solution est là : revoir le système de fixation de la roue sur l'axe de façon à ce qu'elle puisse tourner mais pas se promener, pas flotter sur l'axe.</i>
373 M' :	<i>Voilà, alors là on a un exemple d'une deuxième solution qui est de laisser les roues libres [...] Il faut faire attention que la roue ne frotte pas sur le châssis sinon ça peut pas tourner. Donc, Fanny a choisi d'avoir des roues libres et un axe fixe, c'était une des deuxièmes solutions.</i>

Le fait que le professeur ait été conduit à parler « d'avantage » à propos de l'utilisation de la paille, qui n'en offrait pourtant pas au plan technique (S1 et S2 sont aussi efficaces l'une que l'autre dans le cas d'un mécanisme non motorisé) serait ainsi à relier au caractère adaptatif que les enseignantes ont cru pouvoir conférer à la situation de fabrication proposée aux élèves faute d'avoir pu se représenter l'importance du remaniement des schèmes de pensée requis par la découverte (autre que fortuite et ainsi non argumentée comme chez Emma) de la solution S2.

Toutefois, leur démarche trouve une explication.

le matériel  
ne peut assurer  
à lui seul  
la découverte  
de la solution

En effet, conformément à la *démarche de projet* sur laquelle l'enseignement de la technologie est très largement fondé, les professeurs ont voulu laisser une place à la conception par chaque élève de son objet à fabriquer, le moyen privilégié pour y parvenir étant souvent, au niveau de l'école élémentaire, de proposer aux élèves un choix de matériaux. Les maîtresses ont cru, à cet égard, que l'introduction des bouchons en liège induirait les enfants à rechercher une solution permettant de faire rouler un mécanisme équipé de roues fixes et que la présence de la paille suffirait à les guider vers la réalisation de S2. Or, les prises de vue relatives aux manipulations effectuées par différents élèves lors de la fabrication montrent que toutes les tentatives d'utilisation des roues en liège ont été suivies d'abandon et d'un nouvel essai avec des rondelles en carton ou en plastique. L'utilisation de la paille était donc, certes, de nature à autoriser et à marquer un véritable progrès au plan du raisonnement logico-technique. Mais l'accommodation des schèmes familiers

(qui, à cet âge, conduisent manifestement à associer la mobilité d'un objet roulant à la présence de roues mobiles) n'a pu être opérée faute que les élèves aient été guidés en cela.

### 5.5. Découverte de l'intérêt d'une analyse *a priori* de la situation pour anticiper et sérier les difficultés de l'apprentissage

des difficultés  
cognitives  
non anticipées

Comme le montre le dernier épisode de la séance seules deux élèves ont manifestement compris la distinction entre les deux solutions techniques, le fait étant que l'opposition fixe vs libre ne fait pas sens pour les autres. Il faut dire que les maîtresses n'ont pas perçu le besoin qu'il y avait, là aussi, de fournir une explication aux enfants pour leur indiquer que le terme « libre », pris au sens figuré, s'appliquait ici à la mobilité de la pièce (libre ou non de tourner sans résistance ou presque).

On constate donc que, faute d'une analyse *a priori* suffisante de la situation, les professeurs n'ont su trouver le moyen de sérier les difficultés pour en faciliter l'appréhension, ni de déjouer les obstacles conceptuels liés à un risque de confusion entre diverses notions en jeu.

fixation des roues  
sur l'axe et  
fixation de l'axe  
sur le châssis :  
deux questions  
mal dissociées

Ainsi, le tri des fabrications selon le critère « roule ou non », de même que l'accent mis sur **le** (plutôt que **les**) système de fixation (M. 185, 201, 261, 328, 361...) n'ont pas permis de disjoindre clairement la question du maintien des roues sur l'axe de celle de l'axe sur le châssis, afin de déboucher plus facilement sur la question cruciale (puisque liée à la solution « contre-intuitive ») de l'existence possible d'un dispositif qui roule, bien que les roues en elles-mêmes soient fixes. La difficulté cognitive du problème, liée à l'aspect contre intuitif de cette solution S2, a donc conduit, faute d'avoir pu être clairement anticipée, à devoir introduire des solutions dont la nécessité n'a pas été perçue par les élèves.

- |           |  |
|-----------|--|
| 387 M' :  | [...] Chut... coutez, c'est important. Si on devait résumer la solution de Fanny par rapport à ce qu'on a écrit là. La solution là c'était <b>des roues fixes avec un axe libre</b> . La voiture d'Emma elle avait des roues fixes avec un axe libre. Là qu'est-ce qu'on a ?<br>Les roues est-ce qu'elles sont fixes ? |
| 388 E :   | Non.   |
| 389 M' :  | Elles sont quoi les roues ? Si elles sont pas fixes ?... Elles sont comment ?  |
| 390 E :   | <b>Pas fixes</b>   |
| 391 M' :  | Non. Si elles sont pas fixes ? Est-ce qu'elles sont fixes les roues là ?   |
| 392 E :   | Oui.   |
| 393 E :   | Non.   |
| 394 M' :  | Non alors elle sont... ? <b>Elles sont libres</b> . Bon et par contre l'axe, il est... ?   |
| 395 E :   | <b>Pas libre</b> .   |
| 396 Fan : | Il est fixe.   |
| 397 M' :  | Voilà. Alors quand vous comparez ces deux solutions, qu'est-ce que vous pouvez dire ? Thomas tu vas comparer les deux solutions. Qu'est ce que tu vas dire ? On a là des roues fixes avec un axe libre, et là des roues libres avec un axe fixe. Qu'est ce que tu peux dire ?  |
| 398 :     | [inaudible]  |



399 M' :	<i>Alors regarde bien. Là, Emma elle avait choisi d'avoir les roues fixes et un axe libre, et là on a des roues libres avec un axe fixe. Si tu compares ces deux choses, qu'est-ce que tu peux dire ? [silence] C'est le... ?</i>
400 Elo :	<i>C'est le contraire.</i>
401 M' :	<i>Ah merci, y a des gens qui suivent quand même ! C'est deux solutions qui fonctionnent mais qui sont le contraire l'une de l'autre.</i>

difficulté des élèves  
à se décentrer  
de leur action

Comme le confirme la fin de la dernière séance, les professeurs ont ainsi largement sous-estimé les difficultés cognitives susceptibles d'entraver l'appropriation des deux principes de construction. En effet, les élèves sont pour la plupart restés focalisés sur la façon de résoudre au plan pratique et localement chacun des aspects matériels, parfois non pertinents, de la fabrication (« moi j'ai pris des petites roues noires », « j'ai pris du scotch pour fixer les petits bâtons », « moi j'ai coupé un morceau de paille »...) sans pouvoir se décentrer de leur propre action. Faute d'avoir pu le prévoir avant de s'exercer face à la classe, ces professeurs en formation n'ont donc pas su eux-mêmes trouver les moyens de favoriser la prise de distance nécessaire à une approche globale de la solution en termes de mobilité ou non des pièces les unes par rapport aux autres.

la confusion  
entretenu entre  
fixation et fixité

Au cours de l'examen des deux principes techniques, une certaine ambiguïté a au contraire été entretenue entre les concepts de *fixation* (au sens d'assemblage ou de liaison) et de *fixité* (au sens d'immobilité). Ce n'est que cinq minutes avant la fin de la séquence que le dernier professeur pense à reformuler le problème en termes de mobilité (« ton arbre bouge ? Tes roues bougent ? »). Pour autant, nulle part dans la séquence, il n'aura été question de « liaison » et de « mobilité » des pièces entre elles, contrairement à ce qu'aurait sans doute permis une réflexion plus approfondie sur les difficultés liées à l'épistémologie des savoirs en jeu et au risque de confusion dû à la proximité des adjectifs « fixe » et « fixé ».

514 M'' :	<i>Alors quelle est la deuxième solution que vous avez trouvée pour que l'engin roule ?</i>
517 Elo :	<i>Moi j'ai pris des petites roues noires comme ça / et pour pas pour pas qu'elles s'en aillent / euh / j'ai mis de la pâte à modeler / et j'ai pris / j'ai pris du / du scotch pour fixer les petits bâtons</i>
518 M'' :	<i>D'accord. Est-ce que ton axe, ton arbre, est fixe ? / Est-ce que ton arbre est fixé ? Tourne ta voiture. Est-ce que ton arbre bouge ?</i>
519 Elo :	<i>Non.</i>
520 M'' :	<i>Est-ce que tes roues bougent ?</i>
521 Elo :	<i>Non. Un peu.</i>
522 M'' :	<i>Elles bougent un petit peu. Est-ce que ça ressemble à ce que l'on a écrit là ? A ton avis ? L'arbre est fixé sur le châssis, c'est ce que tu as fait. Les roues sont libres de tourner et elles ne doivent pas pouvoir sortir de l'axe. Tu as mis de la pâte à modeler pour les empêcher de sortir et les roues sont libres de tourner. Ta production correspond à la première solution, d'accord ? Qui a trouvé autre chose ? Fanny ?</i>
523 Fan :	<i>Ben moi, j'ai coupé un morceau de paille, puis je l'ai rentré là dedans</i>

524 M'' :	<i>Oui</i>
525 Fan :	<i>Et l'arbre il est libre, et les roues elles sont fixes</i>
526. M'' :	<i>Très bien. Est-ce que vous avez tous entendu ce que dit Fanny ?</i>
527 EE :	<i>Oui</i>
528 M'' :	<i>Alors, comment on peut l'écrire en phrase pour que vous vous souveniez de cette solution possible ? Qu'est-ce qu'on va écrire ?</i>
529 E :	<i>On met une paille</i>
530 :	<i>Alors la paille, c'est une solution, mais il peut y en avoir d'autres ! En fait la solution c'est de trouver quelque chose qui permette à l'axe de tourner d'accord ? C'est l'axe qui tourne et les roues sont fixes. Alors pour la deuxième solution / on peut commencer par parler de / de l'arbre si vous voulez ou des roues, on va écrire « les roues sont fixées sur l'arbre, c'est l'arbre qui tourne, il faut trouver une solution qui permette à l'arbre de tourner, d'accord : par exemple la paille ». C'est bon ?</i>

## 6. CONCLUSION

Cette analyse d'un corpus relatif à une séquence de technologie réalisée par trois professeurs novices en classe de CE1 nous a conduit à montrer en quoi certains concepts psychologiques et didactiques constituent des analyseurs pertinents du travail qui entoure la fabrication d'objets en technologie et les difficultés qui consistent à mettre cette activité au service de la conceptualisation de la réalité technique.

Le fait qu'il s'agisse de professeurs inexpérimentées et d'une séquence à caractère expérimental en vue de perfectionner leurs pratiques explique ainsi largement certaines des insuffisances ou des maladroites dévoilées par l'analyse. C'est d'ailleurs l'un des buts poursuivis par ce travail que de faire lui-même état de ces difficultés afin de sensibiliser un public plus large d'enseignants du primaire aux questions soulevées par la discipline, par la connaissance empirique de la réalité technique que possèdent les enfants, par les postures qu'induisent le rapport qu'ils entretiennent avec les artefacts, par les opérations cognitives qui s'avèrent nécessaires pour faire évoluer les conceptions, et aussi par les difficultés épistémologiques directement liées au savoir à construire.

Ainsi, par exemple, *l'organisation du milieu didactique* mis en place aurait ici gagné à ce que les élèves puissent observer au départ différentes sortes d'objets roulants, et à ce qu'ils disposent ensuite pour fabriquer d'un matériel qui ne soit pas le même pour tous, ou encore de quelques directives les encourageant à utiliser la totalité du matériel proposé. De la même façon, le fait de vouloir faire *dévolution* aux élèves de l'activité de fabrication afin qu'ils en assument la responsabilité matérielle et cognitive aurait mérité, qu'en amont, l'activité de conception d'un projet individuel ou commun à un petit collectif d'élèves fasse l'objet d'un travail d'investigation plus diversifié et plus approfondi que celui auquel a donné lieu l'observation d'une seule petite voiture à pousser par petit groupe.

faire fabriquer  
des objets ...

... en vue  
de faire évoluer  
les conceptions de  
la réalité technique  
des élèves ...

... se heurte à  
de nombreuses  
difficultés  
au niveau ...

La question du *contrat didactique et de sa gestion* nous a, quant à elle, conduit à souligner les contraintes contradictoires auxquelles le professeur était soumis, du fait de la nécessité d'organiser des confrontations de points de vue tout en évitant que certains d'entre eux contribuent à une institutionnalisation prématurée de la solution.

Mais, l'analyse nous a aussi amenée à mettre l'accent sur certaines difficultés plus directement liées à la discipline telles que celles qui renvoient à la double nature pragmatique et épistémique de ses enjeux, à la pluralité des types de représentants qui peuvent servir de référents à la désignation d'une même famille d'objets techniques, à la pauvreté du lexique technique des élèves qui tend à accroître les malentendus, ou encore à la dimension socio-affective du rapport des élèves à l'œuvre qu'ils fabriquent.

... de l'enseignement  
primaire

Par ailleurs, l'analyse contribue à souligner le rôle de variables psychologiques ou épistémologiques telles que celles qui ont trait au processus d'étayage de l'activité de l'élève ou à celui de décentration cognitive induit par la construction et la coordination de points de vue multiples (concepteur, réalisateur, utilisateur) sous-jacents à l'intelligibilité du réel technique.

Face à toutes ces sources de difficultés auxquelles exposent le travail de planification de cours et leur mise en œuvre concrète auprès des élèves, le professeur des écoles n'a guère été jusqu'ici aidé par des travaux de psychologues. C'est, nous l'espérons, l'un des mérites aussi de cette contribution que de montrer que l'aspect le plus problématique de cette séquence tient d'abord à la trop grande complexité du problème que des élèves de cet âge n'avaient pas la capacité de résoudre en toute autonomie contrairement à ce qui leur a été proposé.

Colette Andreucci  
INRP UMR ADEF  
colette.andreucci@inrp.fr

## BIBLIOGRAPHIE

- AGER, R. & BENSON, C. (1997). Primary Initial Teacher Education Courses in The U.K. In R. Ager & C. Benson (Eds.). *Proceedings of the First International Primary Design and Technology Conference*.
- ALTET, M. (1994). Comment interagissent enseignants et élèves. Note de synthèse. *Revue française de pédagogie*, n° 107.
- ANDREUCCI, C. (2003). Comment l'idée d'instabilité du volume vient aux enfants. *Enfance*, n° 2, p. 139-158.
- ANDREUCCI, C. & ROUX, J.-P. (1992). Savoir comparer les contenances pour pouvoir conserver les quantités contenues. *Enfance*, n° 1-2, p. 79-98.

- ANDREUCCI, C. & GINESTIÉ, J. (2002). Un premier aperçu sur l'extension du concept d'objet technique chez les collégiens. *Didaskalia*, n° 20, p. 41-66.
- BAUTIER, E. & BUCHETON, D. (1996). Interactions : co-construction du sujet et des savoirs. *Le français aujourd'hui*, n° 113, p. 24-32.
- BEDART-NAJI, E. (2000). La construction de concepts en technologie à l'école élémentaire. *Skholê*, n° hors série, Actes du colloque « le projet en éducation technologique », p. 67-76.
- BOSCH, M. (1994). La dimension ostensive dans l'activité mathématique. Thèse de troisième cycle, université de Barcelone, Barcelone.
- BROUSSEAU, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée Sauvage.
- BRUNER, J.-S. (1983). *Savoir faire. Savoir dire*. Traduction : M. Deleau. Paris : PUF.
- CAJAS, F. (2000). Research in Technology Education: What are we researching? A response to Theodore Lewis. *Journal of technology education*, vol. 11, n° 2, p. 61-69.
- CHATONEY, M. (2003). *Construction du concept de matériau dans l'enseignement des « sciences et technologie » à l'école primaire : perspectives curriculaires et didactiques*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, non publiée, université de Provence, Marseille.
- CHINIEN, C., OAKS, M. & BOUTINE, F. (2002). A national consensus on technology education in Canada. *Journal of industrial Teacher Education*, vol. 32, n° 2, p. 76-92.
- DE MIRANDA, M.A. (2004). The grounding of a discipline: cognition, and instruction in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, n° 14, p. 61-77.
- FLEER, M. (2000). Working technologically: investigations into young children design and make during technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 10, n° 1, p. 43-59.
- HALTÉ, J.-F. (1999). Les enjeux cognitifs des interactions. *Pratiques*, n° 103/104, p. 71-88.
- KERBRAT-ORECCHIONI, C. (1990). *Les interactions verbales*. Paris : Armand Colin.
- LAYTON, D. (1991). Science education and praxis: the relationship of school science to practical action. *Studies in Science Education*, n° 19, p. 43-79.
- LEBEAUME, J. (2000). Jeux d'étiquettes, jeux de Kim, jeux de familles, puzzles ou devinette à l'école. Découverte du monde, sciences et technologie aux Cycles 2 et 3. *Aster*, n° 31, p. 197-215.
- LEWIS, T. (1999). Research in Technology Education. Some areas of need. *Journal of Technology Education*, vol. 10, n° 2, p. 41-59.
- LUTZ, L., HOSTEIN, B. & LECUYER, E. (2004). *Enseigner la technologie à l'école maternelle*. Bordeaux : CRDP Aquitaine.
- MERLE, H. (2000). Du projet de fabrication de véhicules roulants à la résolution de problèmes en grande section de maternelle. *Skholê*, n° hors série, Actes du colloque « le projet en éducation technologique », p. 111-122.

NONNON, E. (2001). La construction d'objets communs d'attention et de champs notionnels à travers l'activité partagée de description. In M. Grandaty & G. Turco (coord.). *L'oral dans la classe*. Paris : INRP. p. 65-102.

PARKINSON, E. (1999). Talking technology: language and literacy in the primary school examined through children's encounters with mechanism. *Journal of Technology Education*, vol. 11, n° 1, p. 60-73.

PERRIN, J. (1991). Science de la nature et sciences de l'artificiel : deux processus différents de production de connaissances. In J. Perrin (Éd.). *Construire une science des techniques*. L'interdisciplinaire Limonest. p. 381-398.

PIAGET, J. (1974). *Réussir et comprendre*. Paris : PUF.

RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.

RASINEN, A. (2003). An analysis of the technology education curriculum of six countries. *Journal of Technology Education*, vol. 15, n° 1, p. 31-47.

ROGERS, G. & WALLACE, J. (2000). The wheels of the bus: children designing in an early years classroom. *Research in Science & Technological Education*, vol. 18, n° 1, p. 127-136.

SARRAZY, B. (2001). Les interactions maîtres élèves dans l'enseignement des mathématiques. Contribution à une approche anthropo-didactique des phénomènes d'enseignement. *Revue française de pédagogie*, n° 136, p. 177-132.

SCHOULTZ, J. (1997). Pupils talk and write about simple mechanisms. In R. Ager & C. Benson (Eds.). *International primary design and technology conference – a celebration of good practice*, vol. 2, p. 26-30.

SÉRIS, J.-P. (1994). *La technique*. Paris : PUF.

SIMONDON, G. (1958). *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris : Aubier (rééd. : 1969, 1989).

VÉRILLON, P. (2004). Argumenter pour développer et valider un artefact matériel. In J. Douaire. *Argumentation et disciplines scolaires*. Paris : INRP. p. 171-180.

VÉRIN, H. (1993). *La gloire des ingénieurs*. Paris : Albin Michel.

VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, vol. 10, n° 2-3, p. 133-170.

VION, R. (1992). *La communication verbale, analyse des interactions*. Paris : Hachette.

WEILL-BARAIS, A. (1995). Genèse des rapports de l'enfant à l'objet technique. *Actes du 68<sup>e</sup> congrès de l'AGIEM « Culture technique pour quelle humanité ? »*, Metz. p. 59-65.

VYGOTSKI, L.S. (1934). *Pensée et Langage*. (1985). Traduction : F. Sève. Paris : Messidor.

ZUGA, K.F. (2004). Improving technology education research on cognition. *International Journal of Technology and Design Education*, n° 14, p. 79-87.