

produire, agir, comprendre

numéro coordonné par Pierre Vérillon, Guy Manneux et Pascal Leroux

ACTIVITÉ PRODUCTIVE ET PROCESSUS CONSTRUCTIFS À L'ÉCOLE : LES ACTIVITÉS SCOLAIRES DE PRODUCTION PEUVENT-ELLES ÊTRE SOURCE DE CONSTRUCTION POUR LES ÉLÈVES ?	Pierre Vérillon Pascal Leroux Guy Manneux	3
ENQUÊTE SUR LES <i>OBJETS-PRODUITS</i> AU COLLÈGE. AMBIGUITÉS D'UNE OFFRE ET D'UNE DEMANDE	Joël Lebeaume	27
RÉALISATION DE MICRO-ROBOTS AU COLLÈGE : MISE AU POINT D'UNE DÉMARCHE PÉDAGOGIQUE ET D'UN ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE SUPPORT DES ACTIVITÉS	Pascal Leroux	49
CARACTÉRISTIQUES DES ACTIVITÉS DE PRODUCTION EN TECHNOLOGIE AU COLLÈGE	Guy Manneux	79
<i>OBJETS INTERMÉDIAIRES</i> DANS UNE SITUATION DE CONCEPTION EN TECHNOLOGIE AVEC CAO AU COLLÈGE	Alix Geronimi Erica de Vries Guy Prudhomme Jacques Baillé	115
ORGANISER DES ACTIVITÉS DE PRODUCTION À L'ÉCOLE PRIMAIRE. SÉLECTIONNER DES MATÉRIAUX AVEC DES ÉLÈVES DE 6 ANS	Marjolaine Chatoney	139
LA FABRICATION D'ARTEFACTS COMME MOYEN DIDACTIQUE DE CONCEPTUALISATION DE LA RÉALITÉ TECHNIQUE	Colette Andreucci	159
LE STATUT DE L'ARTEFACT DANS LE DISCOURS DE L'APPRENANT	Marc Weisser	193
FILLES OU GARÇONS, SEULS OU À DEUX. QUELLE INFLUENCE SUR LES ACTIVITÉS DE PRODUCTION EN ÉDUCATION TECHNOLOGIQUE ?	Jacques Ginestié	217
		
RÉSUMÉS EN ANGLAIS		247
RÉSUMÉS EN ALLEMAND		251
RÉSUMÉS EN ESPAGNOL		255

ASTER, N° 41. 2005. Produire, agir, comprendre
INRP-ASTER-19, mail de Fontenay-BP 17424-F-69347 Lyon cedex 07

**ASTER, UNE REVUE POUR L'ENSEIGNEMENT
DES SCIENCES EXPÉRIMENTALES**

Cette revue créée par l'équipe de didactique des sciences expérimentales de l'INRP s'adresse à la fois aux chercheurs en didactique, aux formateurs et aux enseignants concernés par la didactique.

Elle publie trois catégories d'articles :

- des études et recherches didactiques sur l'enseignement des sciences expérimentales, à caractère théorique, qui soient accessibles à des enseignants et à des chercheurs non familiers avec la problématique de l'auteur ;
- des travaux issus de disciplines autres que la didactique abordant des points qui éclairent les questions proprement didactiques (épistémologie, psychologie, linguistique) ;
- des descriptions d'activités pédagogiques qui donnent lieu à une analyse des caractéristiques du dispositif, du modèle pédagogique de référence, des activités intellectuelles sollicitées, de l'évolution des représentations.

Chaque numéro est centré sur un thème.

POUR PROPOSER UN ARTICLE

Vous envoyez un texte d'une vingtaine de pages (60000 signes incluant l'emplacement des documents et la bibliographie), à :

Comité de rédaction *ASTER*
INRP
19, mail de Fontenay – BP 17424
F-69347 Lyon cedex 07
aster@inrp.fr

Vous trouverez les appels à contribution ainsi qu'une fiche technique à destination des auteurs sur le site.

Votre article sera soumis à deux membres du comité de lecture, leurs avis confrontés à celui du comité de rédaction permettront de prendre la décision de sa publication en vous demandant éventuellement des modifications et compléments.

www.inrp.fr

INRP
19, mail de Fontenay - BP 17424
F-69347 Lyon cedex 07

ACTIVITÉ PRODUCTIVE ET PROCESSUS CONSTRUCTIFS À L'ÉCOLE : LES ACTIVITÉS SCOLAIRES DE PRODUCTION PEUVENT-ELLES ÊTRE SOURCE DE CONSTRUCTION POUR LES ÉLÈVES ?

Pierre Vérillon
Pascal Leroux
Guy Manneux

à l'école et
au collège ...

À l'école obligatoire, l'éducation technologique comme fréquemment l'éducation scientifique donnent lieu à des activités débouchant sur la production d'objets matériels à vocation technique et/ou utilitaire. Elles renvoient plus ou moins explicitement à des pratiques industrielles et scientifiques de l'univers extra-scolaire. Sous différentes désignations (fabrication, réalisation...), ces activités engagent les élèves dans un processus de conception et de production d'objets fonctionnels destinés à être mis en œuvre par eux-mêmes ou par d'autres. La palette de cette production scolaire est extrêmement variée du point de vue de la destination des objets fabriqués (ludique ou pratique, domestique ou scolaire...), des solutions techniques mises en œuvre (mécanique, électrique, électronique, logicielle...) ou de l'organisation de la fabrication (collective ou individuelle, etc.)

les élèves se voient
proposer ...

À l'école primaire l'utilisation et la fabrication d'objets matériels apparaissent dans les activités de découverte du monde des objets dès l'école maternelle. Ainsi figurent, dans les programmes contemporains des travaux présentés dans ce numéro, des activités de « *fabrication d'objets : projet de réalisation d'un objet, choix des outils et des matériaux adaptés à la situation, actions techniques spécifiques (plier, couper, coller...)* » en parallèle, notamment, avec des activités « *d'utilisation d'objets techniques variés dans des situations fonctionnelles (vie de l'école, alimentation et cuisine, communication interne et externe, jeux, ateliers de fabrication...)* » et des activités de « *montage et démontage d'objets* ».

... de concevoir
et produire
des objets
matériels ...

Au cycle 2, toujours dans une perspective de « *découverte* », les programmes évoquent « *le démontage et remontage d'objets techniques simples ; fabrications diverses et réalisations technologiques élémentaires à caractère utilitaire ou ludique ; maniements d'outils et d'ustensiles appropriés ; propriétés de quelques matériaux usuels* ».

Au cycle 3, les textes mentionnent, sous la rubrique « *sciences et technologie* », des « *réalisations technologiques* » parmi lesquelles figurent des « *objets et produits* », « *montage*

et démontage d'objets techniques simples » et « *réalisations technologiques d'objets usuels ou de maquettes* ».

Les nouveaux programmes confirment la place de ses activités au primaire : « *La fabrication d'objets contribue tout aussi fortement à [la] première découverte du monde technique* » lit-on pour le cycle 1. En cycle 2, les élèves sont invités à « *structurer leur réflexion et leur action au cours de quelques projets de construction ou de fabrication élémentaire, développant leur goût de l'innovation et leur sens de l'invention.* » En cycle 3 : « *Un processus de réalisation d'objet technique permet à l'élève d'élaborer une démarche d'observation et de recherche. Cette réalisation peut être, pour l'élève, l'occasion de s'approprier quelques notions scientifiques de base.* »

... renvoyant
aux univers
technique
et scientifique

En ce qui concerne la technologie (discipline du collège) les activités de production matérielle apparaissent comme un élément historiquement invariant, vraisemblablement constitutif de la discipline en France. Dans les programmes mis en application depuis la rentrée 1996, ce type d'activité se retrouve au centre des « *réalisations sur projet* ». Pour les professeurs du collège, comme pour les futurs enseignants en formation et les élèves, les activités de fabrication sont celles qui sont le plus fréquemment évoquées lorsqu'on les interroge sur les pratiques caractéristiques de la discipline. Or, les intentions pédagogiques et didactiques qui motivent la place privilégiée de ces activités tant dans les programmes que parmi les acteurs sont manifestement diverses tout en étant, semble-t-il, peu formulées et discutées.

Dans les enseignements scientifiques la fabrication d'objets constitue également une activité proposée aux élèves même si elle occupe une place moins centrale. Par exemple, il peut s'agir de la construction d'instruments (anémomètre, détecteur de courant...) ou d'objets à effet spectaculaire ou curieux (fusée, montgolfière...). Là aussi, les attentes qui président, au plan des apprentissages visés, à l'introduction de ces activités sont de toute évidence multiples et peu explicites.

la question
se pose
de leur pertinence ...

Dans ces conditions, l'objet de ce numéro d'*Aster* est de contribuer à une meilleure connaissance des pratiques scolaires de production. Ainsi, il s'agira de documenter ces pratiques à travers la description et l'analyse de quelques situations représentatives et de les questionner du point de vue de leur pertinence, de leur efficacité mais aussi de leur légitimité. Car la question qui se pose est de savoir ce qui permet de penser que ces activités constituent pour les élèves des occasions de développement de leurs capacités d'agir et de penser.

Pour ce qui concerne la France, cette idée n'est vraisemblablement pas nouvelle en éducation si l'on en juge de la pérennité des activités de production à référence industrielle proposées aux enfants et aux adolescents dans les programmes scolaires des trois dernières républiques. L'analyse et l'histoire des idées et des courants philosophiques et

... et de leur légitimité

pédagogiques (voire politiques) qui ont motivé et imposé l'introduction et le maintien de ces activités à l'école restent sans doute encore largement à faire. Déterminer comment ont été pensés les rapports entre production matérielle et construction du sujet dans l'histoire constituerait bien entendu un point central dans cette analyse. Nous n'avons ici ni l'intention, ni la possibilité de mener, ni même d'esquisser, ce travail, mais nous souhaiterions plus simplement et plus modestement, avant de présenter les différentes contributions à ce numéro, pointer quelques lectures plus ou moins convergentes en anthropologie, psychologie et philosophie qui nous paraissent entrer en résonance avec cette question. Nous nous proposons donc, dans un premier temps, d'évoquer et de discuter ces incursions dans la littérature puis, dans un deuxième temps, plus brièvement, de donner au lecteur un aperçu synthétique des articles présentés.

1. PRODUCTION ET ANTHROPOGÈNE

produire, du Latin « tirer devant »

Étymologiquement, le terme production provient du verbe latin *ducere*, « tirer », associé au préfixe *pro*, « devant ». Littéralement, produire c'est donc « tirer devant ». Cette expression paraît quelque peu énigmatique : logiquement, c'est derrière soi que l'on tire alors que, devant, on pousse (on propulse). En revanche, elle peut se comprendre si l'on conçoit que ce que l'on « tire devant » on l'a, dans le même mouvement, en réalité « tiré de soi ». Dans cette perspective, produire, ce serait faire advenir devant soi quelque chose (un produit) que l'on avait préalablement en soi. Suivant ce raisonnement, on pourrait dire que, de manière constitutive, l'idée de production renvoie ainsi conjointement :

- à un processus génératif (de *genesis* : naissance, formation, production) ;
- à un mouvement d'extériorisation (autrement dit, d'objectivation, de matérialisation) ;
- à un espace dans lequel ceux-ci se déroulent (un champ que l'on pourrait dire « frontal » ou « antérieur »).

la polarisation de l'organisme ...

Ce processus et cette topique évoquent inévitablement la thèse célèbre du paléontologue et archéologue Leroi-Gourhan (1964) selon laquelle anthropogénèse et développement des capacités productives sont étroitement liés. Il affirme que ces capacités productives humaines sont en réalité la conséquence de la station verticale corrélative de la bipédie, l'une des multiples formules morpho-mécaniques élaborées par le vivant au cours de l'évolution des espèces qui a permis d'articuler locomotion, capture et traitement des aliments. En effet, cet auteur a défendu une approche fonctionnelle de la paléontologie qui accorde un rôle privilégié à l'architecture corporelle dans l'analyse du comportement des espèces. Ainsi, il montre que dès les premiers échelons du règne animal, la

constitution symétrique de l'organisme répond à des nécessités d'organisation dynamique. Dès que la fonction nutrition requiert la mobilité de l'individu, les différentes parties de l'organisme s'ordonnent suivant un plan de symétrie bilatérale correspondant à l'axe de déplacement. Conjointement, le sens du déplacement détermine une orientation morphologique fonctionnelle de l'organisme avec un positionnement antérieur de l'orifice alimentaire comme des organes de préhension et des organes de relation qui assurent l'orientation, le repérage et la coordination des organes de préhension et de préparation alimentaire. « *Il se crée ainsi, écrit-il, par la polarisation des différents organes, **un champ antérieur** (1) dans lequel se déroulent les opérations complexes de la vie des animaux à symétrie bilatérale.* »

Leroi-Gourhan montre que l'évolution de ce champ antérieur témoigne du développement adaptatif des espèces animales. Dans ce sens, une innovation importante, qui apparaît chez de nombreuses espèces, résulte de la division du champ antérieur en deux territoires : l'un lié aux organes faciaux, et plus particulièrement à l'orifice buccal, et l'autre à l'extrémité du membre antérieur qui, outre son rôle locomoteur, intervient dans la capture et la préparation alimentaire. Cette organisation duale du champ antérieur est particulièrement poussée chez certains rongeurs et pour l'ensemble des primates. D'ailleurs chez ces derniers la saisie des objets est exclusivement manuelle, ce qui libère les organes faciaux de cette fonction.

... des déverrouillages
en cascade ...

L'adoption de la bipédie et de la station verticale permanentes apparaît avec les premiers anthropiens (2). Grâce à elles, les membres antérieurs sont complètement affranchis d'un rôle locomoteur et sont disponibles pour des activités manipulatoires plus étendues. Ce qui permet, par contrecoup, la libération totale des organes buccaux de leur fonction préhensive. Grâce à l'affinement des capacités de phonation, ceux-ci peuvent participer davantage aux activités de relation sociale et de communication de l'individu. Outre ces déverrouillages en cascade, l'avènement de la station verticale crée, selon cet auteur, les conditions biomécaniques favorables à un développement de la boîte crânienne avec, comme conséquence, une augmentation du volume du cerveau.

C'est sur le fond de ces transformations décisives, se déroulant sur une période de plusieurs millions d'années, qu'apparaissent les conditions permettant, pour la première fois dans l'histoire du vivant, la constitution d'un espace proprement productif dans le champ antérieur des individus. C'est-à-dire

(1) Souligné par Leroi-Gourhan.

(2) Leroi-Gourhan désigne ainsi les membres de la longue lignée zoologique qui aboutit à l'homme actuel. Selon lui, la bipédie et la station verticale, entre autres caractéristiques, distinguent celle-ci radicalement de celle des simiens, ou primates.

... transforment
le champ antérieur ...

un espace de matérialisation de réalités préalablement anticipées et par conséquent mobilisant une pensée (3). En ce sens, ces réalités (outils, parures, abris, mais aussi signes iconiques, gestuels ou vocaux) se distinguent radicalement des constructions matérielles dont témoignent de nombreuses espèces à tous les niveaux du règne animal. Comme le faisait remarquer judicieusement Marx, l'architecte le plus malhabile conserve sur l'abeille la plus douée l'avantage de s'être d'abord représenté son projet intellectuellement.

en espace productif

On discute actuellement le caractère radical de cette distinction (4) en ce qui concerne les primates les plus évolués, certains auteurs leur attribuant des capacités fabricatrices et communicatives proches de celles des humains. Mais, selon Leroi-Gourhan, ces productions, si évoluées soient-elles, restent de nature fondamentalement différente des productions humaines. Ainsi, « *ce qui caractérise chez les grands singes le "langage" et "la technique", c'est leur apparition spontanée sous l'effet d'un stimulus extérieur et leur abandon non moins spontané ou leur défaut d'apparition si la situation matérielle qui les déclenche cesse ou ne se manifeste pas. La fabrication et l'usage du chopper ou du biface [chez les anthropiens] relèvent d'un mécanisme très différent puisque les opérations de fabrication préexistent à l'occasion d'usage et puisque l'outil persiste en vue d'actions ultérieures.* » De même, ce qui distingue les vocalisations humaines de celles des primates c'est l'existence de mots permanents dans un langage préexistant. Ce qui lui permet de conclure que « *non seulement le langage est aussi caractéristique de l'homme que l'outil, mais qu'ils ne sont que l'expression de la même propriété de l'homme, exactement comme les trente signaux vocaux du chimpanzé sont l'exact correspondant mental des bâtons emmanchés pour attirer la banane suspendue, c'est-à-dire aussi peu un langage que l'opération des bâtons n'est une technique au sens propre.* »

l'humanisation passe
par l'inscription
de l'individu ...

À notre sens, les maîtres-mots sont ceux de permanence, de conservation, de préexistant. Les outils, le langage et leurs modalités d'usage et de reproduction ne sont pas transmis par voie génétique d'une génération à l'autre. Ils ne constituent pas un patrimoine qui puisse être stocké et communiqué à un niveau endosomatique (dans l'organisme) mais un acquis de l'espèce qui doit au contraire être conservé de manière exosomatique dans le milieu physique et social. Pour se survivre en tant qu'acquis, ils doivent perdurer à la fois matériellement dans le milieu et mentalement dans la mémoire collective, avec comme corollaire la nécessité d'être enseignés aux plus jeunes (5).

(3) Godelier, M. (1984). *L'idéal et le matériel*. Paris : Fayard.

(4) Voir notamment : Picq, P. & Coppens, Y. (Éds.) (2002). *Le Propre de l'Homme*. Paris : Fayard.

(5) Ceci est d'autant plus important en ce qui concerne les groupes humains très primitifs qu'étudie Leroi-Gourhan, dans la mesure où, du fait de l'absence de division sociale du travail, chaque individu adulte doit posséder la totalité du patrimoine socio-technique du groupe.

Contrairement à ce qui se passe pour d'autres espèces, chez l'humain, la seule naissance biologique ne donne pas d'emblée accès aux caractéristiques de l'espèce : en l'occurrence, l'usage d'outils et le langage. Au contraire, l'humanisation de l'individu est un processus qui implique une participation conjointe de celui-ci et de son groupe social à son inscription dans l'univers des signes et des outils de la communauté.

... dans le monde
des signes et
des outils

Ce détour par l'anthropologie nous a permis de souligner les bouleversements profonds que l'apparition d'une espèce capable de production a, à la fois, exigés et provoqués. Ainsi, le « **champ antérieur** dans lequel se déroulent les opérations complexes de la vie des animaux à symétrie bilatérale » évoqué par Leroi-Gourhan s'est trouvé d'emblée incommensurablement élargi et densifié avec l'avènement de l'outil et du langage, devenant un champ de fabrication, d'échange matériel et symbolique, donc un champ d'activités conjointes, un champ d'élaboration culturelle. On va le voir à présent, ce champ antérieur peut aussi être vu, à l'échelle de l'individu, comme constituant une zone de développement. Mais il faut quitter le plan de l'anthropologie pour celui connexe de la psychologie.

la psychologie
doit permettre
d'articuler
développement
psychique ...

La psychologie occidentale de la deuxième moitié du xx^e siècle a été largement une psychologie des mécanismes intellectuels : psychologie des mécanismes du développement (épistémologie génétique) dans la tradition francophone genevoise, psychologie des mécanismes du fonctionnement (*problem-solving*, traitement de l'information) chez les anglo-américains. La première s'est inspirée de modèles biologiques, la seconde de la cybernétique. Sans nier leurs apports féconds au cours de cette période, de nombreuses voix (Bruner, 1991 ; Norman, 1991 ; Bronckart, 1997...) se sont élevées pour souligner les limites de ces approches qui, de par leurs cadres théoriques et leurs méthodologies de laboratoire, en se focalisant sur l'individu seul, isolé et sans moyens, ont été conduites à négliger les dimensions culturelles et sociales de la cognition. Ainsi, selon la boutade de Hutchins (6) (1995) qui prône une approche écologique du fonctionnement cognitif, la psychologie contemporaine s'est bornée à l'étude des processus cognitifs humains « *en captivité* ».

Or la thèse anthropogénétique que nous avons très schématiquement exposée (7) conduit au contraire à postuler pour la psychogenèse un rôle décisif des médiations, à la fois sociales et matérielles, au monde. Devenir humain c'est s'approprier le système d'artefacts matériels et symboliques que sa communauté s'est historiquement donnée pour régler son commerce avec les gens et les choses. C'est donc

(6) Dans un ouvrage judicieusement intitulé *Cognition in the wild*.

(7) Il convient de signaler que si l'évolutionnisme anthropogénétique de Leroi-Gourhan qui fonde cette thèse est admis, voire développé, par certains philosophes des techniques tels que Sérís (1994) et Stiegler (1996), il est remis en cause par d'autres, comme Gras (1998).

... et activité
productive,
matérielle et
langagière

s'inscrire dans les outils, les mots et les usages des autres de sorte que cette inscription n'est possible qu'à travers l'intervention formative d'un tiers. C'est dans ce sens qu'il faut comprendre Bronckart (2001) lorsqu'il affirme que « *la psychologie ne peut-être que sociale et la didactique est une de ses disciplines majeures* ».

2. OUTIL, SIGNE ET PSYCHOGENÈSE

Les grandes figures pionnières de la psychologie européenne au début du xx^e siècle avaient, quant à elles, bien perçu la nécessité d'articuler théoriquement développement psychique et capacité de production matérielle et langagière. Cela explique le regain d'intérêt, aujourd'hui constaté, pour des auteurs que le cognitivisme avait quelque peu occultés mais que les limites de celui-ci conduisent à relire. Notamment, de nombreux travaux ont porté à l'époque sur les conduites de fabrication et d'usage d'instruments, tant chez les petits humains (Buhler, 1930 ; Rey, 1935) que chez les primates les plus évolués (Köhler, 1925 ; Guillaume & Meyerson, 1930). La question centrale était celle de la nature des liens entre outillage et développement intellectuel humain. Lev Vygotski est certainement le psychologue de cette époque qui a poussé le travail théorique et empirique relatif à cette question le plus loin et de façon systématique. Ces travaux l'ont conduit à proposer un modèle du fonctionnement et du développement psychique en rupture radicale avec les conceptions traditionnelles mais aussi avec des conceptions alors émergentes (Piaget, Pavlov, l'associationnisme) qui devaient dominer plus tard la psychologie moderne.

pour Vygotski,
l'éducation
réalise ...

Vygotski (1930) voyait dans l'éducation, « *le trait distinctif fondamental du petit être humain* » et il ajoutait : « *l'éducation peut être définie comme étant le développement artificiel de l'enfant* ». Cette affirmation s'inscrivait en faux contre l'idée que les interactions du sujet avec le monde sont réglées, soit, comme le donnait à penser les modèles d'inspiration fixiste, par la mise en jeu de capacités innées, soit, au contraire, comme l'affirmait Piaget, par des outils de connaissance et d'action – schèmes, concepts – construits progressivement à travers l'expérience directe et individuelle de la réalité. Pour Vygotski, le mot-clé en psychologie humaine est celui de « médiation » :

- médiation au sens où le développement psychique consiste en l'appropriation par chacun des moyens culturels d'interaction que constituent le langage, les signes, les outils, les institutions, etc., c'est-à-dire tout un ensemble de médiateurs « *déjà là* », historiquement élaborés par la société et disponibles dès la naissance pour régler notre commerce avec les gens et les choses ;
- médiation aussi au sens où cette appropriation passe nécessairement par l'action formative des membres de la communauté à l'égard des « *novices* ».

... le développement artificiel de l'enfant

Ainsi, on voit comment chez le nourrisson par exemple, l'activité perceptive et motrice initialement inorganisée et non coordonnée (à l'exception de quelques réflexes) est, grâce aux sollicitations de l'entourage, progressivement structurée et petit à petit « *moulée* » sur les modèles socialement admis de comportement vocal et gestuel. De même, plus tard, notamment à travers l'imitation encouragée par les adultes de son entourage, puis grâce à l'école, l'enfant s'appropriera les techniques et les usages de sa communauté.

l'outillage matériel et sémiotique ...

Dans cette perspective, le développement psychique de l'enfant se déroule d'abord dans un contexte interpsychique et social de négociation avec son entourage des réalisations et des significations de son activité pratique et symbolique. Ce n'est que dans un deuxième temps que ces acquisitions sociales sont progressivement reprises et développées à un niveau intrapsychique par le sujet qui les développe alors pour lui-même. Ce processus a été bien mis en évidence dans l'acquisition du langage chez l'enfant avec le passage progressif du langage extérieur, social, au langage égocentrique sonore pour soi, puis au langage intérieur totalement silencieux (Vygotski, 1934). Il est également à l'œuvre dans le développement conceptuel (Vygotski, 1934 ; Brossard, 1999). Pour ce qui concerne les acquisitions techniques, on l'observe dans les genèses instrumentales (Rabardel, 1995 ; Vérillon & Rabardel, 1995) et sémiotiques (Bates, 1979 ; Moro & Rodriguez, 1997) qui caractérisent l'appropriation d'artefacts matériels et qui, tout en étant individuelles et singulières, trouvent leur source dans l'acquisition des schèmes d'utilisation socialement constitués et transmis.

... transforme le rapport au réel...

C'est en ce sens que Vygotski affirme que l'éducation constitue une caractéristique distinctive du petit humain. C'est en réalité la médiation formative du groupe qui va l'introduire et l'instituer dans l'humanité. On comprend aussi pourquoi l'éducation peut être considérée comme le « *développement artificiel* » de l'enfant. Comme le signale Vygotski, au cours de ce processus l'enfant y est « *outillé et réoutillé avec les instruments les plus divers* ». C'est ce processus d'outillage artificiel, matériel et symbolique, qui, en transformant profondément les fonctions psychiques élémentaires biologiquement disponibles à la naissance (mémoire, perception, attention, motricité...), permet la genèse des fonctions psychiques supérieures. C'est aussi en ce sens qu'il faut comprendre que l'apprentissage chez Vygotski anticipe et provoque le développement, inversant ainsi le point de vue couramment admis selon lequel le développement doit précéder l'apprentissage.

Cet outillage de l'activité matérielle et sociale a des conséquences profondes pour le sujet : pour chaque acquisition instrumentale ou conceptuelle, son rapport au monde se transforme. Par exemple, la maîtrise d'un instrument augmente ses capacités d'action sur le monde, soit en lui permettant

... en élargissant
le champ
des possibles

d'effectuer des transformations inédites ou accrues, soit en lui permettant d'agir sur de nouveaux objets. Du coup, son activité se trouve développée : de nouveaux champs s'ouvrent potentiellement dans lesquels elle peut se fixer de nouveaux buts, envisager de nouveaux projets. Développement de l'activité et développement des instruments sont donc en réalité liés (Vérillon, 2005) et, le plus souvent, dans des contextes favorables (notamment didactiques) le développement de l'une stimule celui de l'autre et réciproquement.

3. ŒUVRE, PRODUIT ET CONSTRUCTION DE SOI

C'est sur cet arrière fond de réflexion anthropologique et psychologique que peut se comprendre l'hypothèse qui sous-tend de manière plus ou moins implicite les travaux présentés dans ce numéro : les activités productives humaines ne peuvent pas être considérées du seul point de vue de leurs produits immédiats, c'est-à-dire uniquement en tant que sources des diverses élaborations matérielles qui permettent à l'homme de s'adapter à son environnement physique et social. Au contraire, on peut penser que les activités de production constituent également, pour ceux qui les conduisent, une source de construction, c'est-à-dire une source d'élaboration de soi, notamment sur le plan intellectuel, mais aussi au niveau affectif et social. Selon cette hypothèse, en s'appropriant, en mettant en œuvre et en développant, au cours de ses diverses activités finalisées, les artefacts qui dans sa société constituent les moyens d'un rapport efficient au monde (outils, signes, gestes, conventions...), l'homme développerait parallèlement ses propres capacités cognitives et relationnelles.

l'œuvre traduit
un double
mouvement...

En philosophie, l'idée d'un lien entre processus productifs et processus constructifs est en germe chez Rousseau puis chez les penseurs socialistes prémarxistes comme Saint-Simon, Fourier et Proudhon. Chez Marx, elle est particulièrement développée, lui qui affirme que l'homme « *en agissant sur la nature [...] et en la transformant, transforme aussi sa propre nature* ». En psychologie, Meyerson (1947, 1987), à travers la notion d'*œuvre*, en a fait un élément central de sa conception historique du psychisme. Par *œuvre* il entend autant les objets matériels fabriqués que les conventions, les lois, les modes, les récits et même les réalités subjectives (les idées, les sentiments...). Dans sa perspective, « *l'homme est suite d'œuvres et transformation à travers les œuvres* ». Tout individu ne peut être appréhendé psychologiquement qu'à travers la chronologie de ses actes et de ses réalisations. En même temps, ce procès au cours duquel l'œuvre se réalise – essentiellement le procès de travail – ne laisse jamais l'auteur de celle-ci inchangé. Dans ces conditions, l'œuvre est une « trace », un témoignage des intentions et des actes de l'homme. Une propriété essentielle de l'œuvre selon Meyerson est d'ailleurs son caractère permanent, durable,

achevé. L'homme, écrit-il (comme en écho à Leroi-Gourhan), a inventé la conservation : « *L'animal fait du passager, l'homme construit du formé et du durable. Il fait des "choses" et les veut conserver [...] Il ne travaille pas pour "passer le temps", il travaille pour construire* ».

... d'objectivation
et de subjectivation

En cohérence avec notre hypothèse implicite, l'œuvre pour Meyerson est bien construction au sens où, affirme-t-il, elle traduit un double mouvement d'*objectivation* (cristallisation de l'intelligence humaine dans les outils et dans les produits) et de *subjectivation* (développement en retour des fonctions cognitives et sociales de l'individu). Il est intéressant de comparer ce point de vue avec ceux de deux auteurs qui accordent également tous deux une place centrale dans leur réflexion à la notion d'*œuvre* : Yves Deforge et Hannah Arendt. En effet, ils conduisent à nuancer la position de Meyerson, au sens où pour le premier, il convient de distinguer fortement œuvre et produit et pour la seconde, œuvre et travail.

contrairement
au produit ...

Yves Deforge (1990), élève de Simondon, s'est interrogé sur le statut des objets engendrés par les systèmes de production. Ainsi, il propose de distinguer les produits et les œuvres, en empruntant cette dichotomie à une citation de Balzac : « *En travaillant pour les masses, l'industrie moderne va détruisant les créations de l'art antique dont les travaux étaient tous personnels au consommateur comme à l'artisan. Nous avons des produits, nous n'avons plus d'œuvres.* »

... l'œuvre est
singularité ...

Pour Deforge, si l'on se place du point de vue du consommateur, « *il y a œuvre quand la fonction de signe l'emporte sur la fonction d'utilité et/ou quand il y a apparence de singularité, il y a produit quand la fonction d'utilité l'emporte sur la fonction signe et/ou quand il y a apparence de banalité.* » Du point de vue du producteur : « *il y a œuvre quand un créateur et/ou un réalisateur mettent en œuvre des processus originaux avec affectivité ; il y a produit quand des concepteurs et/ou des producteurs appliquent des processus formalisés, sans affectivité.* »

... affectivité ...

L'idée de *signe* pour Deforge, déjà présente chez Meyerson, renvoie, d'une part, au fait que, pour son possesseur, l'œuvre signifie autre chose que ce qu'elle est. Par exemple, une lance africaine chez un collectionneur ne renvoie pas à sa fonctionnalité en tant qu'arme mais évoque une dimension esthétique ou historique ou anthropologique... D'autre part, l'œuvre peut aussi faire signe par rapport à celui qui la possède : elle le distingue, elle l'exprime ; d'où le critère de singularité qui conditionne cette fonction distinctive. D'où le fait que la banalité ne peut que caractériser un produit. Pareillement, l'utilité, ou la fonction d'usage, relève du produit et l'oppose à l'œuvre. A telle enseigne que, souligne Deforge, un produit (un outil ou une machine, par exemple) qui aurait perdu sa fonction d'usage peut acquérir le statut d'œuvre : voir les vieux outils et les vieilles armes recherchés par les « chineurs ».

... créativité

Au plan de la production, Deforge distingue du côté de l'œuvre : le couple « créateur-réalisateur » qui cherche des solutions originales, à tonalité affective dans un champ de « *contraintes lâches* ». Il les oppose, du côté du produit, au couple « concepteur-producteur » qui déduit des solutions d'un ensemble de « *contraintes serrées* », en se soustrayant autant que possible des « *perturbations engendrées par l'affectivité* ». Dans ce sens, Deforge évoque les efforts de Taylor pour éliminer tout « *coefficient personnel* » par une formalisation maximale du processus productif dans les fabrications en série. Mais il montre que le refoulement de la tendance à l'investissement personnel et affectif qu'impose la taylorisation ne se réalise que partiellement et difficilement. Les jardins ouvriers, les clubs artistiques et culturels aux marges de l'entreprise et les pratiques de « perruque » au sein même des ateliers témoignent dans ce sens d'une forme de « retour du refoulé » de la dimension affective.

On pourrait conclure de la position de Deforge que l'œuvre et son mode de construction constituent pour l'homme la forme naturelle et enrichissante des activités fabricatrices alors que le produit, au contraire, ainsi que ses conditions d'obtention apparaissent en quelque sorte comme appauvris et contre-nature. Le mode d'élaboration des produits semble contraindre le producteur à renier une partie essentielle de lui-même. Dès lors se pose la question de la valeur, pour une éducation technologique à vocation culturelle et générale, de références choisies dans l'univers de production et de commercialisation des produits. Si les modèles de production industrielle requièrent des acteurs un tel renoncement à leur créativité et à leur affectivité, quel sens y a-t-il à vouloir transposer ces modèles dans l'univers de l'école où ils entrent en contradiction avec le projet scolaire de développement des enfants ? Plusieurs réponses peuvent être avancées : pour Deforge, l'éducation technologique devrait promouvoir une attitude critique par rapport à l'existant industriel ce qui nécessite une confrontation avec lui. Mais, par ailleurs, cette prise de conscience critique ne peut se faire que sur une base comparatiste : d'où la nécessité d'une pluralité des références scolaires industrielles, faisant une large place à la sphère de production d'œuvres.

à l'opposé
du travail ...

Dans son ouvrage *Condition de l'homme moderne*, Hannah Arendt (1961) affirme la nécessité de distinguer *travail* (traduction de l'anglais *labour*) et *œuvre* (*work*), deux concepts que les langues européennes ont maintenus séparés dans l'histoire alors que la pensée moderne s'efforce de les confondre. Pour elle, le travail, que l'homme accomplit en tant qu'*animal laborans*, renvoie au règne de la nécessité, du biologique. Son objet est la production de tous les biens destinés à être consommés afin de maintenir en état les fonctions vitales de l'humanité. Les produits du travail sont des produits de subsistance qui par définition s'épuisent et qu'il faut sans cesse renouveler, grâce au labeur, sous peine d'arrêt du processus vital. Même si le

travail est une réalité humaine, les activités laborieuses de par leur ancrage dans le biologique renvoient à la composante animale de l'homme : d'où *animal laborans*.

... l'œuvre est durable

Par opposition au caractère temporaire et cyclique de la vie biologique, l'œuvre, qui relève de l'*homo faber*, introduit le durable, le stable. Alors que la destruction est la fin inhérente de tout produit du travail, puisque l'objet de consommation est voué à disparaître dans l'acte consommatoire lui-même, l'*œuvre*, en revanche survit à son usage. Même si l'usage peut à la longue altérer l'œuvre (par usure par exemple) ce n'est nullement la finalité de l'usage. « *Ce que l'usage use, c'est la durabilité.* »

produit d'une violence ...

La durabilité, caractéristique fondamentale de l'œuvre comme pour Meyerson, est obtenue par fabrication, c'est-à-dire par un détournement et une violence faite à des objets de la nature. La fabrication s'oppose en cela à des techniques comme la cueillette, la chasse ou même l'agriculture qui n'altèrent pas la chose naturelle. Le travail agricole, même s'il modifie effectivement le paysage, n'est pas une œuvre en ce sens que, sans sa répétition inlassable, son effet d'humanisation disparaîtrait rapidement. Pour Arendt, l'*animal laborans* reste serviteur de la nature, sa force s'épuise dans le travail sans cesse recommencé. Dans l'acte fabricant, en revanche, la force de l'*homo faber* crée. En exerçant sa violence contre la nature, il s'en fait seigneur et maître.

Le travail, comme les processus naturels, est continu : il n'a ni début ni fin (si ce n'est celle liée à l'épuisement du travailleur). Au contraire, le processus de fabrication a un commencement précis et une fin précise et prévisible. Ils dépendent de l'appréciation et de la décision du sujet fabricant. Maître de la nature, il est donc aussi maître de lui-même et de ses actes. Le plaisir de fabriquer naît à la fois de cette liberté et de la violence créatrice toutes deux absentes du travail qui n'autorise au mieux qu'une sorte de béatitude passive. L'œuvre introduit donc une dimension affective, déjà soulignée par Deforge, mais fait sur lequel Arendt apporte un éclairage intéressant.

... elle crée de l'objectivité

Pour Arendt, l'œuvre en tant que création d'un univers artificiel, joue aussi un rôle cognitif majeur dans un sens proche de celui développé par Meyerson. La durabilité des artefacts, leur résistance physique, la relative invariance des usages qui leur sont associés stabilisent les rapports de l'homme au monde. La subjectivité de l'homme trouve à s'opposer davantage dans le monde artificiel qu'il a créé que dans la nature. Ce n'est qu'en fabriquant l'objectivité de l'artefact à partir d'éléments naturels puis en retournant celui-ci contre la nature qu'il prend conscience de la nature comme quelque chose d'objectif. « *A moins d'un monde entre les hommes et la nature, il n'y a pas d'objectivité* » écrit-elle.

D'où vient alors l'idée que la production moderne d'artefacts aliène l'homme, dévalorise et dégrade les produits qu'il fabrique, émousse le plaisir de créer, tous constats que l'on

mais l'œuvre
soumise
aux valeurs
du travail ...

retrouve chez Deforge ? Pour Arendt, l'époque moderne se caractérise par une évolution idéologique décisive : « *Les idéaux de l'homo faber, fabricant du monde : la permanence, la stabilité, la durée, ont été sacrifiés à l'abondance, l'idéal de l'animal laborans.* » Au cours de cette évolution, les acquis de l'œuvre jadis au service de la construction (outils, machines, spécialisation des producteurs, pratiques coopératives) sont mis au service du travail. Au cours de ce retournement, le rapport aux artefacts change, ainsi que les rapports des producteurs entre eux. La production de masse transforme les produits de l'œuvre en produits de consommation. La différence même entre usage et consommation s'efface. On n'utilise plus les artefacts, on les consomme. L'abondance réduit leur valeur. La durabilité notamment devient moins importante. En ce qui concerne l'organisation productive, auparavant fondée sur la complémentarité des compétences, elle repose à présent sur la division du travail « *qui présuppose l'équivalence qualitative de toutes les activités pour lesquelles on ne demande aucune compétence spéciale [...] elles ne représentent que des sommes de force de travail que l'on additionne de manière purement quantitative.* » Les machines, à la fois produits de l'œuvre et moyens au service de l'homme dans la réalisation de l'œuvre, sont transposées dans l'univers du travail pour accroître l'abondance et soulager le labeur du travailleur. Mais, l'homme n'est pas pour autant libéré : la logique productiviste qui domine la société de consommation, asservit la machine autant que l'homme et celui-ci voit son activité de travail dorénavant dépendante de la machine et subordonnée à son rythme.

... devient objet
de consommation

Pour Arendt, dans une société du travail, l'artiste est le dernier ouvrier, c'est-à-dire le dernier à ne pas être sommé de pourvoir aux nécessités de la vie et à produire de l'abondance. Mais son activité est jugée moins sérieuse que celle qui vise la satisfaction de la consommation. L'art se pratique en marge de la production et renvoie à l'amusement et au passe-temps (idée reprise par Deforge dans sa remarque sur les hobbies des travailleurs).

4. LES ACTIVITÉS PRODUCTIVES À L'ÉCOLE

Cette problématique qui pointe la menace de la disparition de l'œuvre dans les formes modernes de production matérielle conduit à s'interroger sur la pertinence qu'il y a à présenter aux jeunes, notamment au collège, des formes scolarisées d'activités productives. En effet, selon un de ses promoteurs, la technologie au collège « *est fondée sur des références socio-techniques : les entreprises et leurs activités pratiques qui vont être prises comme source d'inspiration pour des activités scolaires et comme termes de comparaison pour ces activités* » (Martinand, 1997). Le risque n'est-il pas alors de confronter les élèves

produire à l'école :
des œuvres ou
des produits ?

à une production routinière, éclatée, dépourvue de sens, centrée sur un produit dérisoire et enrobée dans une idéologie de la satisfaction des besoins ? La contribution de Lebeaume dans ce numéro montre que ce danger existe effectivement. Citant une étude de Crindal, il évoque « *des situations d'enseignement fortement marquées par le séquençement de tâches monotecniques et atomisées qui travestissent le projet dans ses aspects techniques et sociaux.* ». Elles confortent le jugement de Deforge (1993) : « *On en revient, dans le meilleur des cas, à souder des petits composants sur une petite plaquette. La petite lampe s'allume, on est content, on a fait l'objet.* » En même temps, à l'école, mais aussi au collège, les élèves ont tendance à adopter spontanément une logique de l'œuvre : personnalisation de la production, autorégulation de l'activité, rapport affectif au produit, importance du destinataire... Comme le montre Manneux, dans son article, au sein même d'activités simulant des productions en série, on assiste en atelier de technologie à une résistance à la logique du produit avec des tentatives plus ou moins clandestines de réintroduire une logique de l'œuvre. Ce type de comportement correspond à des phénomènes similaires observés dans l'industrie : volonté des opérateurs de « garder la main » sur une machine ou sur un processus, « conscience professionnelle », fierté par rapport au produit ou au service...

l'opposition
œuvre/produit
constitue-t-elle ...

Dans ce contexte, l'opposition œuvre/produit est-elle indépassable ? *Travail* et *œuvre* sont-ils irrémédiablement contradictoires comme le soutient Arendt ? La discussion de ces questions resterait largement à approfondir, mais on peut proposer quelques remarques. Vernant (1965) montre que ces dichotomies sont très anciennes puisqu'elles sont héritées de la tradition aristotélicienne qui distingue et oppose production et action. Lorsque l'activité humaine est sa propre fin, c'est-à-dire qu'elle n'engendre rien au dehors, elle est *praxis* et l'acte réside à l'intérieur de l'agent. En revanche, la production qui mobilise l'activité poïétique de l'artisan, crée un ouvrage extérieur et étranger à l'activité qui l'a produite. De sorte que, dans ces conditions, l'acte n'est plus dans l'agent mais dans l'objet produit. À tel point que, dans la conception grecque classique, le commanditaire et/ou l'acquéreur de l'œuvre est considéré comme mieux à même d'apprécier celle-ci que le fabricant. « *On comprendra, écrit Vernant, que, dans ce système social et mental, l'homme "agit" quand il utilise les choses, non quand il les fabrique. L'idéal de l'homme libre, de l'homme actif, est d'être universellement usager, jamais producteur* » (1965, p. 43).

... une distinction
aristocratique ?

Cette position aristocratique, qui permet de légitimer dans la *polis* la distinction entre les arts mécaniques, serviles, et les arts libéraux destinés aux hommes libres, sous-tend les oppositions mises en avant par Deforge et Arendt. Sans nier leur intérêt (elles révèlent des contradictions réelles qui guettent les activités de production dans une société de consommation) il nous semble que ces oppositions ne rendent pas

complètement compte de la réalité du travail productif. Le maintien d'une volonté d'œuvre chez les opérateurs au sein des organisations de travail les plus déshumanisées plaiderait plutôt pour le contraire. La construction, le développement sont certainement du côté de l'œuvre. Mais ni l'œuvre ni l'ouvrier ne se développent dans un monde éthéré, isolé des contraintes du besoin, de la nécessité et des attentes d'autrui. La notion de travail, conçu comme un usage de soi par soi, développée par la littérature francophone en ergonomie et psychologie du travail depuis un demi-siècle permet de dépasser cette représentation polaire entre, d'un côté, le labeur subi, sans cesse répété, soumis à la seule satisfaction des besoins et l'idéal de la *praxis* qui selon l'expression de Vernant, « *confère directement à l'agent l'usage de son action.* »

« *Les plus récentes théories du travail [...] définissent le travail comme le contraire du jeu* » affirme Arendt. Or, ce que met justement en évidence l'ergonomie de langue française en distinguant les idées de travail prescrit, travail réel, travail réalisé, c'est au contraire la capacité du sujet à introduire du « jeu », dans tous les sens du terme, dans son activité. Ainsi Rabardel (1995) montre que le laconisme des représentations pour l'action permet au sujet de garder du « jeu » dans la gestion souvent imprédictible des situations singulières. Le même auteur montre comment les opérateurs détournent les automatismes de leur usage prescrit pour obtenir des effets imprévus des concepteurs mais plus adaptés à leur tâche. Dans un sens proche, Clot (1999) évoque des « *catachrèses subjectives* » : pour échapper aux baisses d'attention liées à la monotonie du travail et qui peuvent conduire à l'accident, les conducteurs de train « jouent » avec les automatismes de conduite en développant des usages imprévus de ceux-ci.

L'invention de ces formes de « jeu » qui permettent aux sujets de garder ou reprendre la main sur leur activité (8) constitue, selon Clot, autant de « *contributions et créations professionnelles par lesquelles des sujets se libèrent des contraintes du métier pour les transformer en ressources personnelles ou collectives.* » Dans ce sens, le jeu permet au sujet de reconstruire réellement ou virtuellement son milieu en lui imposant ses propres normes, ou, tout en moins, en mettant à distance les normes imposées. Comme le souligne Vygotski (1933), le jeu constitue pour le sujet un moyen d'émancipation des contraintes situationnelles de son activité. C'est un moyen pour le sujet de maintenir ou de réintroduire du dynamisme dans une activité guettée par l'atrophie.

Nous allons terminer sur ce point ce petit survol de la littérature. Il a cherché à pointer quelques convergences à travers différents points de vue savants portés sur les activités productives en tant qu'opportunités de construction. Nous nous

l'activité
de travail...

... introduit du jeu
dans les contraintes
productives

(8) Ouvrier-Bonnaz et Vérillon (2002) ont analysé des cas semblables en situations de classe.

sommes permis de l'effectuer parce qu'il nous a semblé que le projet d'engager les enfants d'âge scolaire dans des activités référencées aux pratiques industrielles n'a de sens que s'il est possible de penser comment et pourquoi elles peuvent être pour eux source de développement (voire comment, éventuellement, elles peuvent présenter des risques d'appauvrissement).

produire
à l'école : ...

Les considérations ci-dessus, évoquant les efforts des professionnels d'introduire du « jeu » dans les contraintes de travail pour développer leur activité, nous permettent de revenir aux situations d'enseignement-apprentissage analysées dans ce numéro. En effet, le jeu comme source, non plus clandestine, mais explicite de développement y est mobilisé, dans la plupart des cas présentés, à travers des activités de simulation. L'idée de scénario qui organise l'enseignement de la technologie au collège invite les enseignants à organiser des situations simulant des événements de la vie productive des entreprises et dans lesquelles les élèves jouent le rôle d'agents industriels adultes. On peut voir dans ces situations de réelles « zones de développement proximal » au sens où les élèves y sont conviés à de multiples dépassements à travers la référence explicite au collectif professionnel adulte extra-scolaire : dépassement de leur statut d'enfant, de consommateur, de scolaire, dépassement de leur impéritie technique, de leurs références domestiques, etc. La consigne de simulation, le travail en petit groupe, la disponibilité du professeur-ressource, du dispositif matériel de production offrent à l'élève, comme dans un jeu, la possibilité de s'affranchir en imagination, le temps de la séance, de ses attaches habituelles et d'endosser un rôle au sein d'activités productives inédites. À l'instar de l'enfant qui dans le jeu symbolique se comporte toujours au-delà de son âge, et au-delà de son quotidien, comme s'il était « *une tête au dessus de lui-même* » (Vygotski, 1933/1978, p. 102), l'élève en séance de technologie se mesure virtuellement à des références qui se situent bien au-delà de son état actuel. En revanche les matériaux, les engins, les collaborations qu'il mobilise en atelier sont bien réels et le portent effectivement « *au dessus de lui-même* », c'est-à-dire à des performances ordinairement hors de son atteinte. À condition bien entendu qu'un certain nombre de conditions didactiques soient réunies. C'est en grande partie à l'examen de ces conditions didactiques que se sont consacrés les auteurs que nous présentons à présent.

... s'affranchir
de ses limites

les épisodes
productifs ...

Les contributions proposées dans ce numéro donnent à lire qu'à l'école et au collège, la participation des élèves à la réalisation collective d'une production matérielle apparaît comme un vecteur privilégié du processus conjoint (maître-élève) de transmission et de développement du fonds culturel technique de notre société. Les élèves s'y trouvent confrontés à des activités, des objets, des savoirs-faire, des concepts et des normes qui renvoient de manière plus ou moins évidente et explicite à

l'univers industriel extra-scolaire contemporain. Les enseignants y sont confrontés à la tâche d'aider les élèves à s'approprier ces éléments de la culture technique afin de développer leurs capacités d'action et de pensée dans ce domaine mais aussi en leur donnant du sens, notamment par rapport au monde du travail et des techniques adultes.

... peuvent constituer
des épisodes
constructifs

Comment faire en sorte que la participation à ces épisodes productifs soient en même temps pour les élèves l'occasion d'épisodes constructifs significatifs ? Comment leur permettre de faire le lien entre activités scolaires et réalité productive extra-scolaire ? Telles sont les questions principales abordées, sous les points de vue convergents de la didactique, de la pédagogie, de l'épistémologie et de la psychologie, par les contributions rassemblées dans ce numéro.

entre logique
de compatibilité
et logique
d'authenticité

L'enquête présentée par Joël Lebeaume fait l'inventaire des objets effectivement produits au cours des trois cycles du collège dans le cadre de l'enseignement de la technologie. Leur réalisation renvoie pour la plupart à des opérations de « *mise en forme de matériaux* » (usinage, découpe, thermoformage...) et de « *constructions électroniques* » (soudure, assemblage) mais également à des « *réalisations assistées par ordinateur* ». L'enquête permet de montrer que le choix des objets destinés à être produits en classe relève exclusivement du professeur qui tente de concilier différents ordres de contraintes : la cohérence avec le programme, la compatibilité avec l'équipement du collège, le plaisir et la motivation des élèves, l'image de la discipline reflétée à l'extérieur par les objets produits, le coût (au collège, en général, les élèves participent financièrement à la production). Dans ces conditions, la conception et la conduite des activités de production matérielle en classe apparaissent comme un compromis entre une « *logique de compatibilité* » sensible aux pressions de l'univers scolaire et périscolaire et une « *logique d'authenticité* » soucieuse d'assurer une mise en relation possible entre activités des élèves et activités industrielles. Partant, paradoxalement, d'un produit déjà largement déterminé (notamment lorsque l'enseignant a recours à des « kits » proposés par les éditeurs) la *mise en projet* de la production constitue du coup une épreuve clé de la professionnalité du professeur de technologie : loin d'être une simple planification des tâches des élèves, elle exige une vigilance épistémologique quant au contenu et au sens de celles-ci au regard de leur technicité potentielle.

Ce problème de la *mise en projet* d'une production au collège et de la planification des tâches des élèves qui en découle est également au centre de l'interrogation de Pascal Leroux qui s'intéresse à la contribution que peut apporter à la conduite conjointe du projet en technologie par le professeur et les élèves un environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH : l'application *Robo Teach*) initialement conçu pour la formation professionnelle d'adultes. Il s'agissait donc pour son équipe d'étudier les conditions d'une adaptation d'un environnement

l'importance
de la planification
pédagogique

informatique existant aux contraintes de l'enseignement de la technologie en contexte scolaire. Ce que montre ce travail, c'est que l'introduction de l'EIAH dans le processus d'enseignement-apprentissage entraîne non seulement une nécessaire nouvelle conception du dispositif logiciel mais conduit à s'interroger en retour sur la planification pédagogique des tâches-élèves. L'enjeu était de concilier une relative autonomie des élèves inhérente à la démarche de projet avec leurs possibilités de mener à bien la réalisation d'un objet relativement complexe, à la fois mécanique, électronique et informatique : un micro-robot (en l'occurrence, un chariot transpalette ou une antenne parabolique orientable). Après l'échec d'un guidage trop serré et linéaire de la réalisation et notamment des activités satellites (découverte du matériel, utilisation des ressources documentaires, etc.) qui laissait peu d'initiative aux élèves et s'avéra peu motivant, un équilibre a été trouvé à travers la mise en œuvre d'une « démarche balisée de réalisation de micro-robot ». Celle-ci accroît l'initiative des élèves en limitant le guidage de l'activité. Cependant, corrélativement, l'empan de planification des tâches qui leur sont dévolues est réduit par l'introduction de balises. Celles-ci consistent en étapes non ordonnées correspondant à la réalisation de sous-ensembles indépendants constitutifs de l'automate définitif et qui peuvent être atteintes grâce à des solutions laissées à l'initiative des élèves.

Après ces approches se situant, l'une, plutôt au niveau *macro* de la discipline, l'autre, au niveau *méso* de l'organisation pédagogique, les cinq contributions suivantes se positionnent à un niveau davantage *micro* en focalisant leurs analyses sur les processus d'enseignement-apprentissage observés en classe à l'occasion de situations de production.

l'enjeu
de la référence
aux pratiques
socio-techniques et...

Ainsi, Guy Manneux, toujours dans le contexte de la technologie du collège, a cherché, à travers une méthodologie de co-construction qui implique les acteurs (professeurs et élèves) dans la constitution des données d'analyse, à caractériser les séances donnant lieu à des activités de production. Le contexte matériel et spatial du dispositif de production scolaire se distingue par l'existence de postes de travail différenciés et multiples exigeant une mobilité des élèves dont ils font largement usage. Le « *dossier technique* » à la disposition des élèves est aussi, semble-t-il, un élément invariant du contexte. Dans cet environnement matériel, Guy Manneux a cherché à repérer « *les rôles techniques et sociaux* » assumés par les acteurs engagés dans la production scolaire. Il montre que, dans la répartition technique des tâches, les enseignants endossent, d'une part, le rôle de « *planificateur de la production* » organisant dans le temps et l'espace les activités des élèves en fonction d'un plan préalable, rarement explicité, et, d'autre part, le rôle de « *contrôleur* » évaluant l'avancée individuelle et collective du processus. À l'occasion, ils se muent en « *agent de production* » lorsqu'il s'agit de réaliser une opération délicate en raison de sa technicité ou de son caractère dangereux. Quant

aux élèves ils sont conduits à adopter essentiellement le rôle « *d'agent de production* ». Les fonctions de planification et de contrôle leur étant déniées dans la répartition des rôles, leurs initiatives de gestion temporelle se limitent à l'horizon de la séance en cours, sans prise en compte d'échéances fonctionnelles relatives au moyen ou long terme du processus de production. Pour la même raison, n'ayant pas à développer une vision globale du processus, ils font peu le lien entre leur activité en cours et les apports et acquis pertinents développés antérieurement dans d'autres séances. Néanmoins, on observe que les élèves construisent malgré tout des connaissances techniques liées à la manipulation des engins, à leurs sollicitations de l'enseignant et de leurs pairs (le « *dossier technique* » constitue une ressource rarement consultée spontanément). L'auteur conclut en affirmant que dans ces conditions les dispositifs de production observés en milieu scolaire pourraient tout à fait supporter une mise en comparaison avec ceux de l'univers productif adulte mais que, faute d'un travail didactique de cette question, cette relation n'était pas perçue par les élèves.

Le souci de veiller à l'authenticité des transpositions scolaires de situations industrielles anime aussi le travail présenté par Alix Geronimi, Erica de Vries, Guy Prudhomme et Jacques Baillé. Souhaitant étudier à quelles conditions les élèves de technologie du collège sont susceptibles de mobiliser, en tant qu'*objets intermédiaires*, les différents moyens de représentation technique à leur disposition – parmi lesquels un logiciel de *conception assistée par ordinateur* (CAO) – ils ont proposé à des élèves de 4^e un scénario de reconception d'un set de bureau. Ce scénario intégrait des caractéristiques jugées essentielles de la situation de référence : coopération au sein de l'équipe de conception, diversité des outils disponibles, espace de solutions important, contraintes techniques fortes, notamment liées au procédé de fabrication. L'analyse fine des interactions au sein d'une dyade de conception montre que les élèves utilisent effectivement le cahier des charges, les schémas et les modèles volumiques comme médiateurs de leurs raisonnements au cours de leurs échanges relatifs à l'élaboration conjointe de leur solution. Les auteurs remarquent cependant que les élèves concepteurs attachent davantage d'attention aux contraintes ergonomiques qu'à celles imposées par la fabrication ; d'autre part, ils relèvent que la familiarisation insuffisante des élèves avec le logiciel de CAO a rendu son utilisation à la fois coûteuse du point de vue temps et peu générative en ce qui concerne l'élaboration de solutions.

Se situant toujours à un niveau *micro* d'analyse, mais cette fois à l'école primaire, Marjolaine Chatoney s'intéresse aux modalités d'organisation de l'étude de systèmes techniques dans le cadre d'activités de production au cycle 2. Traditionnellement, cette étude s'organise autour de l'observation et du démontage de l'objet à produire (mise en évidence du fonctionnement, de la forme, des liaisons), de sa représentation

... aux organisations
et dispositifs
extra-scolaires

stimuler
la délibération

graphique, de la lecture de sa fiche de fabrication. L'auteur préconise une approche alternative, plus explicitement fonctionnelle, finalisée par le processus de matérialisation de l'objet. Celle-ci passe par l'élaboration de maquettes intégrant les contraintes issues d'un cahier des charges fonctionnel. Cette phase permet un échange entre élèves sur les solutions et la validation des choix possibles. Elle débouche sur une description graphique de l'objet à fabriquer. Etudiant le déroulement de la fabrication d'un moulinet dans une classe traditionnelle contrastée avec une classe expérimentale, l'auteur a comparé les effets de ces deux approches de la phase d'étude technique sur la tâche consécutive de choix par les enfants des matériaux destinés à la construction de l'objet. Il montre que les enfants ayant bénéficié de l'approche traditionnelle privilégient les aspects esthétiques dans leur évaluation des matériaux. Les élèves du groupe expérimental fondé sur l'approche fonctionnelle évoquent davantage de critères techniques de sélection et argumentent leurs choix en fonction de préoccupations fonctionnelles et ergonomiques. Les discussions sont davantage consensuelles dans le groupe traditionnel alors qu'elles sont plus conflictuelles dans le groupe expérimental. L'auteur rend compte de ces différences par l'absence d'enjeu qui caractériserait la situation traditionnelle où la solution est en quelque sorte donnée au départ alors que, pour le groupe expérimental, elle fait l'objet de discussions et de négociations.

tenir compte
de la double
nature ...

Dans sa contribution, Colette Andreucci propose une analyse approfondie, d'un double point de vue didactique et psychologique, d'une séquence de trois séances de conception, fabrication et évaluation d'objets roulants en CE1 destinée à faire émerger puis étudier deux solutions techniques permettant la rotation des roues des véhicules produits. À la lumière notamment de la théorie des situations didactiques de Brousseau et des apports psychogénétiques de Piaget et de Vygotski, et en s'appuyant sur la retranscription des interactions verbales entre trois professeurs-stagiaires et leurs élèves, elle met en évidence un certain nombre de dysfonctionnements, d'impasses et de malentendus auxquels sont confrontés maîtres et élèves dans le processus conjoint d'élaboration des connaissances visées. Dans la perspective d'une formation plus ajustée des maîtres, elle suggère de porter une attention accrue aux conditions d'organisation du milieu didactique, de la dévolution du problème et de la gestion du contrat didactique. Par ailleurs, elle pointe des sources de difficultés inhérentes à la discipline : par exemple, les obstacles qu'elle pose à sa verbalisation, les rapports multiples (conception, réalisation, utilisation) qu'elle mobilise vis-à-vis de ses objets, la double nature pragmatique et épistémique de ses enjeux.

Le travail proposé par Marc Weisser, en s'appuyant sur des conceptions triadiques du rapport du sujet au monde (telles que celles de Pierce, Vygotski, Rabardel), vise notamment à

approfondir cette dialectique du pragmatique et de l'épistémique à l'œuvre dans une activité de conception, fabrication et essai de fusées à eau en CM1. Après avoir construit et lancé une première série de fusées, les élèves sont conduits à rechercher et énoncer les caractéristiques d'une fusée performante. S'il s'agit bien là d'un projet pragmatique de recherche d'avantages – une fusée qui vole le plus haut possible – l'analyse de la séquence d'apprentissage montre que la réalisation de ce projet fait intervenir des épisodes épistémiques de production de connaissances technologiques. Ceux-ci surviennent à l'occasion d'un processus de déconstruction-reconstruction de l'objet visant à faire apparaître les traits pertinents pouvant influencer les performances de l'artefact (nombre et dimension des ailerons, quantité d'eau au décollage, etc.). L'introduction d'un nouvel instrument va jouer un rôle médiateur déterminant dans cette phase : le tableau des variables va permettre aux élèves d'élaborer un plan expérimental permettant d'isoler les caractéristiques pertinentes des fusées, de les tester et donc de transformer profondément leur procédure de conception. L'auteur montre qu'au cours de l'activité qui les mobilise, fusées et tableaux changent de statut cognitif. Tour à tour ils constituent l'artefact à développer, en même temps que, réciproquement, l'un devient pour l'autre l'instrument médiateur de ce développement.

... pragmatique
et épistémique
des activités
productives

La contribution de Jacques Ginesté clôt cet ensemble d'articles en s'interrogeant sur l'influence que peuvent avoir sur les performances techniques des filles et des garçons, d'une part, le fait de travailler à deux et, d'autre part, le fait que la tâche à réaliser soit socialement marquée comme féminine ou masculine. 198 filles et 191 garçons de 4^e du collège ont été confrontés successivement, soit seuls, soit en binôme de même sexe ou mixte, d'une part, à une tâche d'assemblage d'un chariot élévateur de type mécano actionné par trois moteurs électriques et, d'autre part, à une tâche d'ordonnancement de 54 documents administratifs. On aurait pu penser que la nature de ces tâches, renvoyant à des univers masculin et féminin socialement contrastés, aurait différencié les performances des filles et des garçons. Or les résultats montrent que, mises à part les opérations de câblage, les filles réussissent aussi bien que les garçons la tâche d'assemblage, de même que les garçons ne se distinguent pas des filles dans la résolution de la tâche d'ordonnancement. De même, le fait de travailler à deux ne semble pas donner un avantage décisif dans la réalisation de la tâche d'assemblage, sauf aux filles, dans la seule opération de câblage – particulièrement difficile pour tous – où, en binôme, elles font performance égale avec leurs collègues masculins. En revanche, dans la tâche d'ordonnancement, le travail à deux se traduit par un accroissement notable de la réussite des élèves. Pour rendre compte du faible effet de marquage social des

la scolarisation
des tâches
permet d'atténuer
leur marquage social

penser avec
ses dix doigts

tâches, l'auteur fait l'hypothèse que la séparation de l'école des autres institutions sociales atténue l'effet de référence dans la scolarisation d'activités renvoyant à la sphère industrielle. En ce qui concerne le constat d'un effet inégal du travail à deux sur la réalisation des tâches proposées, l'auteur montre que c'est la possibilité d'une distribution interne du travail qui explique les meilleures performances des binômes, distribution à laquelle se prête davantage, de par sa nature, la tâche de classement de documents en nombre.

Au terme de cette introduction, nous ne résistons pas à citer une dernière fois Leroi-Gourhan (1965) : « *Il serait de peu d'importance que diminue le rôle de cet organe de fortune qu'est la main si tout ne montrait pas que son activité est étroitement solidaire de l'équilibre des territoires cérébraux qui l'intéressent. "Ne rien savoir faire de ses dix doigts" n'est pas très inquiétant à l'échelle de l'espèce [...] mais sur le plan individuel, il en est tout autrement ; ne pas avoir à penser avec ses dix doigts équivaut à manquer d'une partie de sa pensée normalement, phylogénétiquement humaine.* » (1965, p. 61)

Pierre VÉRILLON
UMRADEF-INRP
pierre.verillon@inrp.fr

Pascal LEROUX
Laboratoire d'informatique de l'université
du Maine (LIUM) – EA 4023
Pascal.Leroux@univ-lemans.fr

Guy MANNEUX
UMR STEF ENS Cachan – INRP
manneux@inrp.fr

BIBLIOGRAPHIE

ARENDDT, H. (1961). *Condition de l'homme moderne*. Paris : Calmann-Lévy.

BATES, E. (1979). *The emergence of symbols: cognition and communication in infancy*. New York : Academic Press.

BRONCKART, J.-P. (1997). Action, discours et rationalisation : l'hypothèse développementale de Vygotski revisitée. In B. Schneuwly, C. Moro & M. Brossard. (Éds.). *Outils et signes ; perspectives actuelles de la théorie de Vygotski*. Berne : Peter Lang.

BRONCKART, J.-P. (2001). La psychologie ne peut être que sociale et la didactique est l'une de ses disciplines majeures. In J.-P. Bernié (Éd.). *Apprentissage, développement et significations*. Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.

- BROSSARD, M. (1999). Apprentissage et développement : tensions dans la zone proximale. In Y. Clot (Éd.). *Avec Vygotski*. Paris : Éd. La Dispute.
- BRUNER, J.-S. (1991). *Car la culture donne forme à l'esprit : de la révolution cognitive à la psychologie culturelle*. Paris : Éd. Eshel.
- BUHLER, K. (1930). *The mental development of the child*. New York : Harcourt Brace.
- CLOT, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris : PUF.
- DEFORGE, Y. (1990). *L'œuvre et le produit*. Paris : Champ Vallon.
- GRAS, A. (1998). Anthropologie et philosophie des techniques : le passé d'une illusion. *Socio-anthropologie*, n° 3, p. 37-48.
- GUILLAUME, P. & MEYERSON, I. (1930). Recherches sur l'usage de l'instrument chez les singes. *Journal de Psychologie*, n° 27, p. 177-236.
- HUTCHINS, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge : MIT Press.
- KOHLER, W. (1973). *The mentality of Apes*. New York : Harcourt Brace.
- LEROI-GOURHAN, A. (1964). *Le geste et la parole : technique et langage*. Paris : Albin Michel.
- LEROI-GOURHAN, A. (1965). *Le geste et la parole : la mémoire et les rythmes*. Paris : Albin Michel.
- MEYERSON, I. (1948). *Les fonctions psychologiques et les œuvres*. Paris : Vrin.
- MEYERSON, I. (1987). *Écrits 1920-1983 : pour une psychologie historique*. Paris : PUF.
- MORO, C. & RODRIGUEZ, C. (1997). Objet, signe et sémiotique. In B. Schneuwly, C. Moro & M. Brossard. (Éds.). *Outils et signes ; perspectives actuelles de la théorie de Vygotski*. Berne : Peter Lang.
- NORMAN, D.A. (1991). Cognitive artifacts. In J. Carroll (Éd.). *Designing interaction*. New York : Cambridge university Press. p. 17-38.
- OUVRIER-BONNAZ, R. & VÉRILLON, P. (2002). Connaissance de soi et connaissance du travail dans la perspective d'une didactique de l'orientation scolaire : une approche par la co-analyse de l'activité des élèves. *Revue Française de Pédagogie*, n° 141, p. 67-75.
- RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies*. Paris : Armand Colin.
- REY, A. (1935). *L'intelligence pratique chez l'enfant*. Paris : Félix Alcan.
- SERIS, J.-P. (1994). *La technique*. Paris : PUF.
- STIEGLER, B. (1996). *La faute d'Épiméthée*. Paris : Galilée.
- VÉRILLON, P. (2005). Processus productifs et constructifs dans les activités physiques et sportives : la place de l'instrument. *Impulsions*, n° 4, p. 305-325.

VÉRILLON, P. & RABARDEL, P. (1995). Cognition and artifacts : a contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European journal of psychology of education*, vol. X, n° 3, p. 77-101.

VERNANT, J.-P. (1965). *Mythe et pensée chez les Grecs*. Paris : Maspéro.

VYGOTSKI, L.S. (1930). La méthode instrumentale en psychologie. In B. Schneuwly & J.-P. Bronckart J.-P. (Éds.) (1985). *Vygotsky aujourd'hui*. Neufchâtel : Delachaux et Niestlé. p. 39-47.

VYGOTSKY, L.S. (1933, éd. 1985). The role of play in development. *Mind and society*. Cambridge : Harvard University Press. p. 92-104.

VYGOTSKI, L.S. (1934). *Pensée et langage*. (1997). Paris : Éd. La Dispute.

ENQUÊTE SUR LES OBJETS-PRODUITS AU COLLÈGE

Ambiguïtés d'une offre et d'une demande

Joël Lebeaume

En France, la technologie définie par ses programmes privilégie les réalisations sur projet. Mais la mise en œuvre de l'enseignement est déléguée au niveau local des collèges. En raison des conditions matérielles et humaines, les objets-produits s'avèrent alors en tension entre l'offre officielle de cet enseignement et la demande des élèves qui en sont également les clients. L'enquête présentée décrit et analyse les objets-produits au cours de la scolarité du collège ainsi que les conciliations que les professeurs déclarent faire. Sont alors précisées les caractéristiques et les fonctions de ces objets-produits scolaires et sont indiquées quelques orientations pour la formation des maîtres.

objet et produit

Cet article ne développe qu'une partie des résultats d'une recherche descriptive sur les « réalisations-productions et objets-produits » en technologie au collège (Lebeaume dir., 2001). Il dresse un état des lieux de ce que les élèves fabriquent, réalisent ou produisent au cours de leur scolarité. Au-delà de la mise à disposition de cet inventaire, il vise à mettre en évidence les spécificités mais aussi les ambiguïtés voire les contradictions de ces réalisations-productions au collège afin de préciser les conditions de leur existence.

Cet inventaire saisit indirectement les pratiques scolaires. Celles-ci sont susceptibles de révéler les conceptions qui guident les actions professionnelles des enseignants, de la technologie et de son enseignement. Toutefois, cette interprétation doit demeurer particulièrement prudente car les contraintes du curriculum effectif peuvent masquer les fondements de ces actes professionnels.

processus et résultat

Le mot composé *objet-produit* souligne d'une part l'association entre le processus de réalisation et le résultat, d'autre part les interactions entre les rôles de producteur et d'utilisateur toujours présents dans les réalisations scolaires. L'intérêt privilégié porté dans cet article aux *objets-produits* en technologie au collège ne doit pas être interprété comme une préoccupation exclusive concernant le résultat des activités scolaires qui occulterait les enjeux éducatifs de l'ensemble des actions des élèves et des enseignants contribuant à leur genèse et à leur mise à disposition.

Pour l'éducation technologique, cette centration sur les *objets-produits* est en effet risquée car les objets scolaires deviennent souvent les éléments de sa contestation ou de sa disqualification. Desproges (1988) dressait ainsi une image pittoresque des activités manuelles de l'école. De même, la

une ambiguïté

targette à pêne plat et le « *targettisme* » demeurent-ils la caricature d'une tentative d'analyse fonctionnelle élémentaire (Hörner, 1987). Dans le même esprit, les « *petites fabrications* » de l'*éducation manuelle et technique* (EMT) ont parfois été critiquées et confondues avec des activités dénoncées par le terme négatif de « bricolage ». Plus récemment, la presse a même rapporté des jugements publics (1) qui indiquent l'ambiguïté de ces *objets-produits* et de leur signification scolaire, technique et sociale.

Avec ces indispensables précautions, l'article examine les *objets-produits*. Après l'exposé de la problématique et les indications méthodologiques, il présente les résultats dont un inventaire des *objets-produits* au collège et une analyse des motifs de leur choix par les professeurs de technologie. Sont ensuite analysées les fonctions et les caractéristiques de ces *objets-produits* et enfin présentées quelques implications pour la formation des maîtres.

1. PROBLÉMATIQUE

entre programme
et mise en œuvre

Selon les programmes contemporains (1996-1998), la technologie au collège privilégie les réalisations sur projet dont les manifestations sont ces *objets-produits*. Si les textes officiels cadrent les tâches scolaires, ils ne désignent pas ces *objets-produits* dont le choix est ainsi laissé à l'initiative des professeurs.

La cohérence de la configuration de technologie en « *méthode des scénarios* » est fondée sur les relations entre ces tâches organisées de réalisation-production, les références aux pratiques sociotechniques et les visées éducatives de cet enseignement (Lebeaume, 2000 ; Lebeaume & Martinand, 1998). Cette cohérence est également dictée par les missions de la technologie dans l'organisation des disciplines au collège qui sont, selon Martinand (2003), l'appui à l'orientation, la découverte du milieu technicisé, l'approche pédagogique par l'action et l'apprentissage des usages de l'ordinateur. Mais ces missions de la technologie qui sont directement associées aux décisions de la politique éducative, ne sont pas sans ambiguïté car les conditions de cette politique éducative sont déléguées au niveau local de sa mise en œuvre.

En effet, l'enseignement de la technologie dans ses dimensions matérielles, financières et organisationnelles dépend largement des dotations en équipement des conseils généraux ainsi que des moyens et des projets de chacun des établissements (dotation globale, clé de répartition des moyens horaires, crédits de fonctionnement). Les différentes associations d'enseignants de technologie ainsi que les organisations syndicales rappellent régulièrement ces revendications pour

(1) Cf. Ferry victime d'un coup d'agrafeuse. *Le Canard Enchaîné*, 24 septembre 2003.

des conditions d'enseignement conformes aux prescriptions officielles (cf. *Associations*, 2004).

financement

Le financement des réalisations-productions représente en ce sens une des limites principales et des plus prégnantes car il conduit indirectement à l'obligation de prise en charge financière des *objets-produits* par les familles. Pour rappel, il est important d'indiquer que depuis l'existence de la technologie en 1985, et contrairement aux dispositions réglementaires de l'EMT, le financement des productions s'inscrit dans les crédits de fonctionnement ordinaire de l'enseignement. Les productions scolaires commercialisées s'intègrent alors dans « *la procédure des objets confectionnés* » (2). Du point de vue de cette réglementation (1988), les objets vendus sont marqués par leur caractère pédagogique. Ces objets scolaires correspondent à des exercices spécifiques ; ce sont généralement des produits « *modestes* » et de « *faible valeur marchande* » ; leur nombre n'a aucune incidence sur la concurrence ; ils sont cédés aux familles à un prix fixé par le conseil d'administration de l'établissement en « *remboursement de la matière d'œuvre d'exercices scolaires* ».

et rapport commercial

Or, ce rapport commercial des élèves aux produits réalisés dans les collèges est susceptible d'avoir deux implications fortes sur l'enseignement de la technologie. D'une part, il a tendance à rendre confus les rôles des élèves à la fois clients, usagers, concepteurs, producteurs, etc. D'autre part, il assigne aux *objets-produits* un engagement affectif individuel et rend leur production strictement dépendante de l'intérêt des élèves pour les fonctions de service ainsi concrétisées et mises à disposition. Les données d'une enquête réalisée en 1996 auprès de 660 lycéens de la région parisienne (3), dans trois lycées du Val d'Oise (académie de Versailles) révèlent cette contrainte. Pour les 304 jeunes filles et les 356 jeunes gens alors en première générale ou technologique qui évoquent leur scolarité au collège entre 1990 et 1994, la technologie est étroitement associée à la production d'objets. Lorsque ces réalisations-productions sont absentes, la déception apparaît très nettement dans leurs réponses : « *on n'a rien fait* », « *que de la théorie de la sixième à la troisième* ». Dans les réponses des élèves, deux catégories majeures d'*objets-produits* sont identifiables. La première correspond à des objets jugés utiles, facilement utilisables par les élèves dans leur environnement et sans doute utilisés. Ce sont par

-
- (2) Remarque : ces textes réglementaires font référence à l'*éducation manuelle et technique* (EMT) bien que cette discipline n'existe plus depuis 1985. Cette réglementation qui régit les conditions comptables et financières associées à la vente d'objets fabriqués, s'adresse prioritairement aux établissements d'enseignement technologique et professionnel et par extension aux objets fabriqués dans les sections des collèges. Sont distinguées les procédures concernant les ventes d'objets ou la rémunération des prestations de service, selon que les objets exigent ou non un stock.
- (3) Remarque : ces questionnaires ont été administrés par I. Rak. L'analyse de ces réponses n'a pas été effectuée par l'auteur qui a mis à notre disposition ces données.

appréciations
d'élèves

exemple les lampes de bureau, alarmes, attentes téléphoniques, testeurs de piles ou « *des enceintes qui marchent divinement bien* »... La seconde catégorie rassemble des jeux, des gadgets ou des objets dont la fiabilité est mise en cause par les utilisateurs (« *je ne m'en souviens plus, de toute manière, ils ne marchaient jamais* ») ou bien dont l'intérêt est particulièrement critiqué (« *un porte-balais... pas vraiment intéressant* »). Ainsi, si les élèves associent technologie et activités de réalisation-production, leur adhésion est liée aux *objets-produits* qu'ils peuvent utiliser. Leurs souvenirs sont marqués par ce rapport particulier de producteurs et d'utilisateurs. Ils semblent ainsi très sensibles à la fiabilité et à la qualité des *objets-produits* réalisés. Les défauts de cette partie tangible et visible de leur activité semblent vécus comme des échecs car le contrat tacite de l'enseignement de la technologie ne semble pas avoir été respecté.

propositions
de fournisseurs

Au-delà de l'appréciation des élèves, les *objets-produits* sont essentiels pour l'enseignement de la technologie. En effet, au moment de leur choix et de l'enseignement projeté par les enseignants, ils constituent les intermédiaires entre la technologie prescrite et la technologie enseignée. L'incomplétude des programmes laisse à leur initiative cette décision déterminante pour les activités des élèves, leurs visées et leurs références. Cette responsabilité est cependant partiellement assumée par les fournisseurs au travers de leurs propositions ainsi que par les formateurs ou les inspecteurs dont les recommandations légitiment souvent les *objets-produits* et leur renouvellement épisodique.

choix
d'enseignants

Dans ce contexte, les professeurs de technologie sont ainsi susceptibles de se trouver confrontés à une injonction paradoxale, entre l'offre institutionnelle de cet enseignement et la demande des usagers, entre le contrat prescrit par les programmes et les contraintes de sa mise en œuvre locale et entre la logique d'authenticité des réalisations-productions censée permettre de découvrir le milieu technicisé et la logique de compatibilité aux prises avec les contraintes matérielles, économiques et humaines de l'exercice professionnel (Lebeaume, 1994). Dans ces conditions, quels sont les *objets-produits* de la scolarité en technologie ? Que font réaliser et produire les enseignants à leurs élèves ? Quelles sont les conciliations que les enseignants assument ? Quelles sont alors les caractéristiques scolaires de ces *objets-produits* à la fois adaptés à des adolescents-élèves, à leur éducation technologique et compatibles avec les conditions de l'enseignement ? Pour les quatre années du collège, s'agit-il d'une série d'*objets-produits* de complexité fonctionnelle et structurelle croissante, mettant en œuvre des procédés et des solutions techniques de plus en plus intégrés, ou bien s'agit-il d'un ensemble plus disparate d'*objets-produits* qui donnent à voir et à faire une diversité de techniques ? Telles sont les questions majeures de l'enquête mise en œuvre. Cet état des lieux des *objets-produits* scolaires révèle indirectement l'enseignement réel. Leur mise au jour

permet alors de questionner les actions professionnelles, dans leurs rationalités à la fois sociales, individuelles et subjectives (Lebeaume, 2004) ainsi que les implications pour la formation.

2. MÉTHODOLOGIE

L'enquête sur les *objets-produits* est menée d'une part grâce à un questionnaire renseigné par 161 professeurs de collège des académies de Lille, Nantes, Nancy-Metz, Orléans-Tours et Paris qui sont invités à préciser ce que les élèves de leur établissement produisent en classes de sixième, cinquième, quatrième et troisième (élèves de 11 à 15 ans). L'analyse des réponses permet d'établir un catalogue des *objets-produits* en technologie.

motifs déclarés

Ces données sont d'autre part croisées avec l'analyse du contenu d'une série d'entretiens intégralement retranscrits, menés auprès de vingt et un enseignants de technologie exerçant dans l'académie d'Orléans-Tours. Cette analyse repère les *objets-produits* réalisés dans leurs collèges, identifie leurs caractéristiques, et précise les motifs des choix des enseignants. Ces vingt-et-un professeurs interrogés sont huit femmes et treize hommes. L'un enseigne dans l'Eure-et-Loir, deux dans le Loir-et-Cher, neuf dans l'Indre-et-Loire et neuf dans le Loiret. En outre, ces enseignants exercent dans des établissements contrastés selon les critères géographiques et sociologiques : trois collèges ruraux, trois collèges de milieu favorisé, douze collèges de milieu mixte et trois classés zone d'éducation prioritaire (ZEP). En termes de grades, quatre professeurs sont professeurs d'enseignement général des collèges (PEGC), trois sont titulaires d'un certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement technique (CAPET) – initialement certifiés de travaux manuels éducatifs et d'enseignement ménager (centre Bes-sières)-, quatorze sont des professeurs certifiés (CAPET technologie, six externes et huit internes). Sans prétendre être représentatif du corps professoral et des contextes d'enseignement, l'échantillon ainsi interrogé présente une grande diversité susceptible de rendre compte de la variété des *objets-produits* et des pratiques d'enseignement.

pour un inventaire

La présentation des résultats de l'enquête indique d'abord ce panorama des *objets-produits* puis l'analyse des caractéristiques de l'offre scolaire ainsi mise en œuvre.

3. LES OBJETS-PRODUITS AU COLLÈGE

Les réponses au questionnaire fournissent une liste de désignations commerciales ou usuelles des *objets-produits*. Dans l'ensemble, les enseignants connaissent ce que les élèves ont déjà fait ou ce qu'ils feront ; seulement un peu plus de 10 %

des enseignants ne précisent pas la totalité des productions au cours de la scolarité des élèves, se limitant aux *objets-produits* de leurs classes.

3.1. Les *objets-produits* en classe de sixième

une petite
fabrication

Huit enseignants sur dix indiquent deux *objets-produits* correspondant respectivement aux unités « mise en forme des matériaux » et « construction électronique » définies dans le programme d'enseignement. Environ un enseignant sur dix ne note qu'un seul *objet-produit* et le même nombre en mentionne plus de deux. Dans ce cas, il s'agit généralement d'une réalisation supplémentaire, et plus particulièrement mise en œuvre à la rentrée sous la forme d'une première production à la fois exercice, plaisir, découverte et communication. Ce sont ces pupitres ou porte-nom des premières heures d'inauguration de la technologie. Réalisées souvent en une ou deux séances, d'un coût particulièrement faible et avec une fonction et un usage d'abord scolaires, ces « *petites fabrications* » comme on les aurait appelées au début des années 1980 en éducation manuelle et technique, ne sont pas toujours citées bien qu'elles soient pratiquement généralisées dans toutes les classes. Le silence qui semble leur affecter un statut hors programme, informe simultanément sur les vrais *objets-produits* scolaires, plus conséquents en taille et en opérations techniques et plus importants dans la planification de l'enseignement.

un assemblage
mécanique

Les *objets-produits* correspondant à la mise en forme des matériaux (tableau 1) sont pour la quasi-totalité réalisés en PVC voire en polypropylène. Les opérations techniques qu'ils sont susceptibles d'exiger sont celles associées à l'équipement usuel des établissements : cisaille, thermopieuse, poinçonneuse, perceuse.

L'inventaire révèle une majorité d'accessoires de bureau et d'objets d'écolier. Les trousse, classeurs ou étuis se distinguent des multiples présentoirs par le développement de volumes au lieu de l'assemblage de composants réalisés séparément. Ce sont principalement des *objets-produits* utiles et directement utilisables par les élèves. Les jeux sont très marginalement représentés (trois puzzles). Ce sont aussi des objets qui privilégient les liaisons totales entre leurs éléments. Ces *objets-produits* statiques s'opposent ainsi aux mécanismes, également suggérés par les programmes.

un montage
électronique

La seconde catégorie des réalisations-productions concerne la construction électronique (tableau 1). La variété est nettement plus faible que dans l'unité associée à la mise en forme des matériaux. À 85 %, c'est le porte-clés lumineux. Comme pour les réalisations-productions précédentes, celles-ci s'inscrivent dans les indications des programmes, déclinées dans les catalogues des fournisseurs. Le succès du porte-clés lumineux est vraisemblablement lié à l'intérêt des élèves ainsi qu'à sa simplicité structurelle et fonctionnelle qui rend

son fonctionnement accessible et sa fabrication adaptée à une première initiation pratique. Ses formes et ses couleurs diversifiées dans l'offre des fournisseurs permettent aussi des personnalisations par l'enseignant ou les élèves. Les quelques autres produits cités présentent des caractéristiques voisines. Quelques objets plus complexes, mis en œuvre au cours des stages de formation du milieu des années 1980, semblent résister au temps mais d'une façon très marginale (chasse moustiques, testeur de continuité).

Tableau 1. Objets-produits en classe de sixième

<i>Objets-produits 6^e</i> mise en forme des matériaux	Nombre de citations		<i>Objets-produits 6^e</i> constructions électroniques	Nombre de citations	
Set de bureau / porte-stylos	58	40 %	Porte-clés lumineux	114	85 %
Porte-bloc / porte-courrier	16	10 %	Jeu d'adresse	4	3 %
Pupitre / support signalétique	17	10 %	Brassard lumineux	4	3 %
Classeur / trousse	12	8 %	Mini lampe de poche	3	
Porte-clés	10	6 %	Porte-clés musical siffleur	1	
Horloge / horloge CD	9	6 %	Alarme	1	
Support photos	7		Pense-bête électronique	1	
Porte éphéméride	7		Testeur de continuité	1	
Mallette	4		Mémophone	1	
Tangram	3		Badge lumineux	1	
Masque	2		Portier	1	
Pince	2		SOS plantes	1	
Labyrinthe	2		Carillon de porte	1	
Ardoise magique	1		Chasse moustiques	1	
Étui à normographes	1				
Porte-cartes	1				
Poubelle de voiture	1				
Total	153		Total	135	

L'analyse comparée des *objets-produits* selon les académies n'indique que quelques choix régionaux privilégiés : porte-crayons panier de basket à Nancy-Metz et porte-nom à Orléans-Tours. Plus que des modèles pédagogiques contrastés, ce sont essentiellement des tendances de choix sans doute en relation avec les actions de formation.

3.2. Les objets-produits en classe de cinquième et quatrième

une plus grande diversité

Les réponses des enseignants mettent en évidence une plus grande diversité des réalisations-productions qu'au cycle précédent (tableau 2). L'analyse quantitative est alors plus délicate car la distinction selon les scénarios n'apparaît pas dans l'indication des *objets-produits*.

Tableau 2. *Objets-produits* du cycle central

<i>Objets-produits</i> 5 ^e – 4 ^e	Nombre de citations	% / 132
Articles de bureau	51	40 %
Horloge	50	40 %
Brassard lumineux / triangle de sécurité	41	30 %
Alarme (de tiroir, de vélo)	26	20 %
Lampe de poche / lampe torche	25	20 %
Amplificateurs d'enceintes baladeurs	20	15 %
Range CD	19	15 %
Feu d'appoint de bicyclette	17	12 %
Attente musicale de téléphone	9	7 %
Dé électronique	9	7 %
Objets CFAO (porte-clés, jeux...)	7	5 %
Services	27	20 %
Divers	88	65 %
Nombre de professeurs ayant répondu	132	

Dans le tableau, 389 *objets-produits* sont classés. Ils correspondent aux citations des 132 enseignants qui en mentionnent trois en moyenne. L'indication en pourcentage (valeur approchée) souhaite montrer les objets les plus souvent réalisés dans les collèges. Les *objets-produits* rassemblés dans la catégorie « *divers* » sont cités environ cinq fois chacun. Au cycle central du collège, les *objets-produits* sont ainsi assez variés avec quelques-uns très fréquemment produits et réalisés. Les élèves du cycle central ne font que très rarement un seul *objet-produit*.

Le repérage du contenu des réponses précise qu'un peu moins de deux enseignants sur trois mentionnent un *objet-produit* composé de pièces mises en forme et assemblées et un *objet-produit* dont le fonctionnement est électronique.

une plus grande
complexité
fonctionnelle
et structurelle

La question posée et les réponses ne permettent pas de préciser la mise en œuvre de ces *objets-produits*. Une interprétation peut être tentée en associant les articles de bureau à la « *production sérielle à partir d'un prototype* », les range-CD à « *l'étude et la réalisation d'un prototype* », les horloges à « *l'extension d'une gamme de produit* », les alarmes, des électroniques et accessoires de sécurité au « *montage et emballage d'un produit* », les objets divers à « *l'essai et l'amélioration d'un produit* ».

Les *objets-produits* électroniques, par rapport à leurs homologues du cycle précédent, sont d'un niveau de complexité plus important : davantage de fonctions (oscillation, commutation, amplification, génération de signaux...), davantage de composants, davantage d'opérations. Certains *objets-produits* sollicitant exclusivement des opérations mécaniques sont excessivement simples (articles de bureau, horloge,

des biens
et des services

range-CD). Selon les informations parfois indiquées dans les réponses, ils semblent être proposés pour les scénarios ouverts sur des propositions de conception : étude et réalisation d'un prototype, extension de gamme.

Pour la plupart, les *objets-produits* mentionnés sont des kits choisis parmi l'offre des fournisseurs. Comme en 6^e, certains « vieux » *objets-produits* (gradateurs de lumière, séries de lampes à allumage variable ou chenillards...), généralement abandonnés pour des raisons de fiabilité et de sécurité, apparaissent comme des témoins du temps.

Les services sont également mentionnés dans les réponses, définis par un *objet-produit*. Ainsi les *tee-shirts* imprimés représentent-ils l'organisation de tournois sportifs ; les Cd-roms, des rencontres sur les métiers. Les services identifiables dans les réponses sont l'organisation de sorties, de randonnées ou de voyages, de manifestations ou d'études liées à la connaissance des métiers, ainsi que d'actions de vie scolaire ou de communication telles que la réalisation du site web du collège, de la plaquette de présentation de l'établissement ou la mise au point du carnet des délégués. Certains autres *objets-produits* sont également susceptibles d'être associés à la production d'un service. Ils requièrent du temps et des compétences en FAO ou PAO : plaquettes signalétiques, affiches...

3.3. Les *objets-produits* en classe de troisième

un réinvestissement

La plupart des réponses n'indiquent qu'un seul *objet-produit*, vraisemblablement celui autour duquel s'articule le projet de l'année (tableau 3). Dans les deux tiers des cas, il s'agit d'un *objet-produit* nécessitant des opérations de mise en forme des matériaux et de construction électronique. Des *objets-produits* sonores, musicaux, lumineux, émetteurs ou récepteurs radio... apparaissent d'une façon importante. Ce sont des accessoires d'adolescents.

Tableau 3. *Objets-produits* en classe de 3^e

<i>Objets-produits</i> 3e	Nombre de citations	% / 121
Horloge, pendulette	32	40 %
Jeux, mallette, sablier/dé électronique	25	20 %
Amplificateurs d'enceintes baladeurs	24	20 %
Karaoké, stroboscope, émetteur FM...	17	15 %
Site Web, CDrom	11	10 %
Divers	41	35 %
Nombre de professeurs ayant répondu	121	

Les *objets-produits* classés parmi les « divers » sont des articles de bureau, des alarmes... mentionnés dans les classes précédentes. Dans l'ensemble, la complexité du fonctionnement ou de la fabrication des réalisations-productions de fin de collège

dans des projets

n'est pas vraiment supérieure aux choix antérieurs. Il semble ainsi s'agir d'*objets-produits* qui sollicitent la mobilisation des compétences acquises. Toutefois, l'importance des horloges et des jeux signifie vraisemblablement que lorsque les réalisations sur projet sont mises en œuvre pour permettre une prise en charge par les élèves, les choix des enseignants se portent sur des *objets-produits* très simples.

En troisième, le choix d'un service est excessivement rare. Sont préférées les réalisations-productions nécessitant l'utilisation des ordinateurs dans les domaines des programmes de réalisations assistées par ordinateur. Lorsque les réponses indiquent plusieurs *objets-produits*, il s'agit alors d'exercices associés à ces domaines.

3.4. Des *objets-produits* au collège

L'analyse des réponses des enseignants montre la conformité des réalisations-productions par rapport aux grands découpages des programmes. Elle confirme aussi les études antérieures qui indiquent une assez faible variété des *objets-produits*.

faible variété

Laurent (1996) mentionne que les projets identifiés par les professeurs dans le domaine de la mécanique sont généralement des activités de mise en forme de matières plastiques. Il souligne également que les enseignants préfèrent un dossier clés en main qu'ils adaptent à leur goût. Cette pratique est également nettement apparente dans l'enquête effectuée par l'une des associations de professeurs de technologie, auprès de ses membres (AEAT, 1997).

Sornin-Montet (1996) repère une très grande majorité de projets techniques associés aux constructions électroniques. Dans ce domaine, Follain (1997) met en évidence la faible variabilité du choix des objets produits en classe ainsi que des différences mineures entre les cinq académies étudiées. Les choix des enseignants sont, selon leurs déclarations, dictés par la motivation des élèves, les intérêts pédagogiques et la facilité de mise en œuvre dans les établissements. L'étude des productions révèle par ailleurs l'existence de « produits vedettes », la standardisation des projets par classe, malgré une diversité relativement plus grande au cycle central. Bien que la complexité fonctionnelle et structurelle des objets soit progressive au cours de la scolarité du collège, les activités techniques des élèves demeurent assez constantes et centrées sur les opérations élémentaires des constructions électroniques : réalisation de la carte imprimée, assemblage des composants.

Généralement, ces activités de réalisation qui apparaissent assez stéréotypées se réfèrent à une petite entreprise. Aux motifs de fiabilité des produits et de motivation des élèves, la réalisation individuelle de l'objet est privilégiée par les enseignants (Follain & Lebeaume, 2001). Simultanément, la

une gamme
de réalisations
scolaires

dimension pratique est particulièrement valorisée dans ces activités de production. Crindal (1997) mentionne également le prototype des situations d'enseignement fortement marqué par le séquençement de tâches monotekniques et atomisées qui travestissent le projet dans ses aspects techniques et sociaux. Leur signification technique est alors susceptible d'être discutée comme ce jugement de Deforge (1993) : « *On en revient, dans le meilleur des cas, à souder des petits composants sur une petite plaquette. La petite lampe s'allume, on est content, on a fait l'objet...* ».

Ainsi, au collège, les élèves rencontrent successivement cette série d'*objets-produits* : porte-clés lumineux, article de bureau, horloge, brassard lumineux, amplificateur-baladeur, range-CD. S'ajoutent éventuellement des petites fabrications en CFAO ou en PAO.

4. DES MOTIFS ÉNONCÉS

Les réponses au questionnaire concernant les critères de choix mettent en évidence que les enseignants effectuent leurs choix des *objets-produits* à partir de quatre contraintes qu'ils considèrent comme incontournables (relation avec le maximum des points du programme, adéquation avec l'équipement du collège, coût et attrait pour les élèves). Un professeur (K) le mentionne :

« [...] nos choix se font aussi, en fonction du programme, en fonction de l'équipement et en fonction du coût de revient. Voilà les trois critères. »
 « Alors c'est une question de prix, déjà au départ. Ça c'est sûr ! Ensuite une question de, on s'est dit que les CD, porte-CD, c'est encore des produits que les élèves, bon, ont besoin, sont susceptibles d'en avoir besoin (rires), un minuteur, bon parce que c'est une partie, ou le SOS plantes, pour répondre à cette partie "essai et amélioration d'un produit" pourquoi ? Parce que c'est un produit électronique. Il est plus fréquent d'avoir des pannes et donc d'avoir à les réparer que sur un produit purement mécanique. Voilà nos choix ! »
 « [...] sinon, ce sont des produits qui ne sont pas d'une grande utilité après, je ne sais pas si les enfants ne vont pas se dire, une fois qu'ils l'ont payé : oui, beh, c'est un objet, qui, encore une fois, ne sert à rien ! »

Les réponses exprimées au cours des entretiens précisent ces choix de façon beaucoup plus nuancée. Ces expressions révèlent également les multiples fonctions que les enseignants assignent à ces *objets-produits* de technologie, qui sont aussi leurs *objets-produits* d'une action située.

quatre contraintes

4.1. Des *objets-produits* et de multiples contraintes

Si les *objets-produits* doivent convenir aux élèves, ils sont aussi des réalisations scolaires soumises aux diverses contraintes des collèges, de la technologie, des professeurs. Ce sont alors des objets scolaires marqués par les contraintes en particulier humaines. Ce sont à la fois des objets pour les élèves, pour les jeunes, pour les collèges, pour la technologie, pour les professeurs. Un professeur (N) explique :

« Euh, premièrement, parce qu'ils répondaient déjà aux programmes. Enfin, disons qu'ils nous permettaient de mettre notre programme en place. Et concrètement, dans les scénarios qu'on a choisis, avec ces trois objets là, on touche tous les points du programme. On arrive à aborder tous les points du programme. Donc c'était le plus important. »

« [...] Le cligon-bras [bracelet de signalisation pour cycliste], c'est quand même un objet abouti qui va dans le sens de ce que j'aimerais produire en techno plus souvent. C'est-à-dire un objet qui intègre plusieurs fonctions, qui est proche de quelque chose qu'on peut trouver dans le commerce. Parce que je n'ai plus envie de travailler avec des bouts de plastique et des objets qui ne sont pas vrais. Je pense que les enfants, maintenant, sont habitués à avoir des produits, des vrais produits, qui ont une belle esthétique, euh, des fonctions. »

« [...] Ça, ça séduit les enfants. Les morceaux de plastique, ça ne les séduit plus. Et si on veut être crédible, il faut qu'on les séduise quelque part... »

Le guide d'entretien qui ouvre sur les objets renforce l'idée des productions matérielles. Toutefois, lorsque les enseignants évoquent le scénario « production d'un service », ils font état, dans environ un cas sur deux, des réalisations matérielles qu'il intègre. L'accessoire du service devient alors le service lui-même (4).

« [...] production d'un service, j'aurais pu te dire : "je fais faire production d'un service : une affiche pour le collège" ou etc. J'aurais pu dire : "par, exemple, ça, production d'un service, je vais faire de la communication, faut que le classeur de techno passe bien". [...] » (Professeur A)

« Et en 4^e, c'est "Production d'un service" par rapport à l'organisation d'un repas au collège... ils travaillent sur les menus et les invitations aussi. » (Professeur F)

4.2. Des objets-produits qui plaisent

Choisis pour les élèves, les *objets-produits* doivent être utiles et agréables, remplissant des fonctions d'usage et d'estime suffisamment fortes pour qu'ils soient des objets « coups de cœur ». Souvent plus ludiques pour les plus jeunes collégiens et plus utiles pour les plus grands, ils sont parfois gadgets ou nécessaires.

« C'est toujours par rapport à l'attrait qu'a l'objet, par rapport à la classe d'âge de l'élève. C'est vrai qu'au niveau 5^e, l'élève est attiré par ce qui clignote, alors le triangle de sécurité lui va bien. Et puis la valisette, c'est du pliage, du découpage et ça leur plaît bien aussi. Alors qu'en 4^e, les élèves sont demandeurs de quelque chose de plus évolué, de plus sophistiqué. Il faut que ça ait une utilité réelle, une horloge, une enceinte amplifiée, c'est vraiment l'objet qui, dont on se sert tous les jours. » (Professeur D)

« Oui, c'est ça, la petite horloge design, c'est pour l'esthétique, l'intérêt que les élèves peuvent avoir pour cet objet, parce que c'est important de choisir quelque chose qui leur plaise, je pense que c'est un objet qui leur plaît. » (Professeur I)

Les *objets-produits* sont aussi toujours utiles. Cette contrainte de résultat suppose toutefois que les activités

(4) cf. LANDE, C. (2004). *Les activités de production d'un service en technologie au collège*. Thèse de doctorat, ENS Cachan, Cachan.

qu'ils supportent au cours de la production soient bénéfiques pour les élèves. Ils s'opposent aux « objets poubelles » et selon les professeurs sont légitimés par différentes intentions.

« *Qu'il soit utilisable, que ce soit vraiment pas un truc que l'on va mettre dans un coin et que l'on va oublier, qu'il rassemble énormément de savoir-faire de manière à ce que l'enfant ait acquis un certain nombre de connaissances qu'il va pouvoir réinvestir et puis, je pense que c'est à peu près tout.* »

(Professeur L)

« *[...] Après, c'est-à-dire que l'objet que l'on fait, ce n'est pas un objet-poubelle, de sorte, parce que, même si l'objet, pour nous, c'est un support pour faire passer nos leçons, cet objet ne doit pas être un objet-poubelle... Pour moi, c'est très important. Donc j'essaie de motiver suffisamment. C'est pour ça que le choix est important... aussi bien dans l'objet lui-même, qu'au niveau du prix. Il faut que tout soit lié.*

[...] Oui, il faut pas que ce soit un objet-poubelle. C'est pour valoriser la technologie. » (Professeur K)

4.3. Des objets-produits qui motivent

Le caractère attrayant des objets n'est pas seulement lié à leur forme, à leur aspect plus ou moins esthétique ou à leur utilisation potentielle. L'intérêt de cette séduction est aussi dans l'implication des élèves.

« *Pourquoi la pendule ? Alors moi, déjà le profil de base quand je fais un objet avec les gamins, il faut déjà qu'il me plaise, et que, il suscite beaucoup d'intérêt chez le gamin parce que c'est quand même la source de motivation première. Je crois, donc c'est vrai, la pendule pourquoi, parce que c'est un objet qu'ils vont réaliser comme ils l'entendent un petit peu et c'est vrai que jusqu'à maintenant on avait fait plusieurs choses par exemple un porte photo et c'est vrai que dans étude et réalisation d'un prototype là, il y a un réel intérêt parce que c'est leur objet et puis c'est bien comme ils le voient, comme ils veulent qu'il soit, donc c'est intéressant, ils sont motivés c'est vrai la pendule, pourquoi la pendule, on aurait pu choisir autre chose mais enfin bon, je crois que ça permet aussi de retravailler sur toute la partie mise en forme des matériaux qui n'est pas inintéressante et puis bon, on peut aussi mettre d'autres matériaux autour, enfin bon je dirais, il y a eu des réalisations les années passées qui n'étaient pas trop mal, ça tenait la route.* »

(Professeur Q)

4.4. Des objets-produits en conformité avec les indications des programmes

Les arguments du choix sont aussi dictés par les activités des programmes sur lesquels les objets s'adossent.

« *Ça [une alarme] s'inscrit dans le scénario "montage et emballage". Le choix de cet objet s'est fait par rapport à ce qui est écrit dans les instructions officielles, c'est-à-dire un objet qui intégrait une partie électronique pas trop compliquée, ça permettait de faire du montage électronique. Le boîtier prépercé qui permet de réaliser un montage par derrière et l'emballage qui est fabriqué avec. C'est donc pour la cinquième.* » (Professeur E)

« *D'abord, parce qu'il y a différentes pièces qui s'adaptent bien à une production en série pour vérifier l'interchangeabilité des pièces. Je voulais aussi qu'ils aient utilisé le tour et la fraiseuse en tant que machines préréglées avant d'aborder la CFAO en quatrième.*

Voilà, en gros ce sont les deux raisons de mon choix. Et puis, c'est un petit objet sympa.

J'ai aussi choisi cet objet parce qu'il permet d'aborder la notion de mouvement. Il y a un mouvement entre le couvercle et la boîte. J'essaie de trouver des degrés de complexité entre les niveaux de classe, ici entre la 6^e et la 5^e. » (Professeur R)

« Au point de vue, d'abord par rapport au parc machines que j'ai [...]. Je maîtrisais bien le domaine au niveau machines et au niveau temps et puis au niveau délai butoir, où je quitte mes élèves à une date donnée et, c'était mon gros souci de ne pouvoir aller jusqu'au bout d'un projet, et puis des moyens que j'ai et des matériaux, parce que je n'en ai pas beaucoup. » (Professeur H)

4.5. Des objets-produits qui varient avec le temps

Afin de limiter l'obsolescence pédagogique des *objets-produits* ou pour diversifier et actualiser leur enseignement, certains professeurs mentionnent l'importance du changement. Ces nécessités ou ces désirs marquent leur engagement pour leur activité professionnelle. Marqués de leur empreinte personnelle, les *objets-produits* sont la manifestation de leur travail. En effet, la majorité des réponses signale la fonction de communication des *objets-produits* avec l'extérieur de la classe. L'objet doit être réussi, doit fonctionner car il véhicule l'image de la technologie. Mais l'image de la discipline est aussi celle de l'enseignant.

« C'est vrai que prendre la solution du kit, qu'on trouve dans le catalogue, c'est tellement plus reposant ! Personnellement, ça ne m'intéresse pas [...] » (Professeur A)

« [...] tu vois, j'ai arrangé ça à ma sauce, parce que c'est une fausse stéréo. » (Professeur D)

« [...] On voudrait changer parce que ça fait quelques années que ça dure mais les élèves sont tellement emballés par ça, qu'on hésite en fait à changer, parce que c'est important que les enfants ramènent quelque chose qui leur convient. Ils ont vu les points qui nous intéressent alors... » (Professeur I)

La recherche de qualité est explicitement signalée dans les décisions des enseignants qui ne veulent assumer le risque de « faire sortir » des *objets-produits* qui seraient négativement remarqués.

« [...] de toutes façons, je ne donnerai jamais un objet à un gamin, qui n'est pas vraiment fini... qui n'est pas... » (Professeur C)

« Il faut déjà qu'il soit en état de marche, car des objets ne fonctionnant pas, quelle image de la technologie à l'extérieur ? C'est un peu bête à dire, mais je crois que c'est important.[...]» (Professeur E)

« Faut qu'il soit bien fait. Qu'ils aient envie de l'acheter, parce que ça, même s'ils ont donné l'argent avant ! » (Professeur G)

Si les *objets-produits* participent quelquefois à l'autoéquipement des établissements, ils sont majoritairement cédés aux élèves. La logique des objets confectionnés qui s'inscrit pleinement dans les rites identitaires de la profession situe directement les situations de réalisation-production au collège dans une relation personnelle entre les enseignants, les élèves et l'extérieur.

5. LES OBJETS-PRODUITS SCOLAIRES

Les *objets-produits* du collège apparaissent comme des productions-réalisations fondamentalement scolaires. Modestes, supports d'activités ou d'exercices pédagogiques, généralement

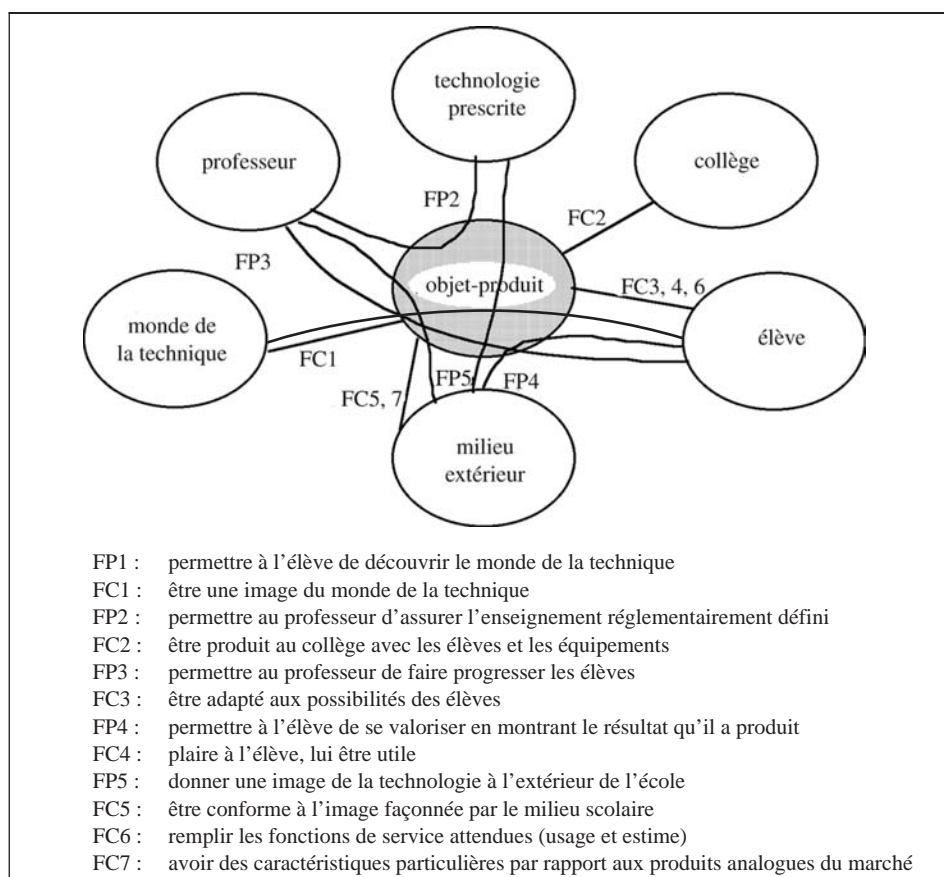
des objets
confectionnés

cédés aux familles, ce sont des objets confectionnés au sens de leur définition réglementaire. Les différents propos et avis des enseignants révèlent les multiples fonctions qu'ils assurent et les tensions que leurs statuts recouvrent.

5.1. Des *objets-produits* et des fonctions

L'identification des fonctions des *objets-produits* est proposée grâce à leur analyse fonctionnelle. Celle-ci ne considère que la phase réalisation-production-cession de leur cycle de vie. Selon la méthode graphique de cette analyse fonctionnelle, les éléments du milieu extérieur sont isolés autour de l'*objet-produit*. Les relations de ces éléments entre eux définissent des fonctions principales, et les relations entre ces éléments et l'objet central isolent des contraintes. Chacune de ces fonctions (principales ou contraintes) est exprimée en une courte phrase (figure 1).

Figure 1. Fonctions des *objets-produits*



5.2. Des *objets-produits* et des statuts

objet culturel

Selon les fonctions qu'il assure, l'*objet-produit* scolaire se distingue d'autres réalisations-productions menées par exemple dans les centres de vacances, proposées dans les revues d'initiation du secteur jeunesse de l'édition, et plus généralement conduites à l'extérieur de l'école... Il acquiert différents statuts associés à ses diverses fonctions.

En raison de l'image des productions matérielles qu'il porte, c'est un objet culturel. Ce n'est donc pas un objet suranné ou dépaycé qui ne serait ni un objet témoin de son temps ni du milieu technique qu'il représente. Les premiers programmes de technologie (1985 ; cf. COPRET, 1985) mentionnaient cette nécessaire actualité. De même les textes les plus récents précisent les références contemporaines des procédés et des techniques. Les *objets-produits* en technologie se distinguent ainsi des objets attrayants des années 1930, des objets utiles et agréables des années 1950, des objets décoratifs des années 1960 ou des objets expressifs des années 1970. Ils ressemblent en revanche aux objets scolaires produits dans la plupart des pays industrialisés (cf. Graube et al., 2003).

objet institutionnel

En raison de sa réalisation-production dans le contexte scolaire, c'est un objet institutionnel. Il est la trace tangible d'un enseignement, indissociable de ses composantes pédagogiques que sont les travaux et études conservés dans le classeur des élèves et consignés dans le cahier de texte de la classe. En tant qu'objet institutionnel, il est aussi l'expression publique de l'enseignement réglementaire et du travail ou de la mission des enseignants. Il diffère en ce sens des *objets-produits* de l'école maternelle ou des constructions de géométrie ou des montages de sciences physiques du cycle central par exemple. Ce n'est donc pas le résultat d'une production-réalisation gratuite, pas plus qu'un montage « bricolé » au sens péjoratif du terme, qui ne permettrait pas d'examiner la conformité de l'action de l'enseignant pas plus que d'estimer la plus-value apportée aux élèves.

objet symbolique

En raison des traces du travail des enfants qu'il supporte, c'est un objet symbolique. Comme les premiers dessins ou écrits des petits, comme les factorisations des grands... les *objets-produits* sont les signes d'un âge scolaire, d'une compétence à faire une « chose » qui fonctionne, qui plaît, qui s'offre, que l'on conserve... Ils se montrent alors pour montrer la trace objective des actions d'un jeune ou en revanche ils se cachent pour dissimuler les traces de leur faible engagement voire de leur désintérêt. Signes de l'adolescence scolaire, ils sont susceptibles de porter des marques individualisées qui contribuent à leur plus grande personnalisation. Dans ce registre de la valeur symbolique, les *objets-produits* sont aussi l'image de l'enseignant capable d'organiser ces réalisations-productions de qualité et de se distinguer en signant ces œuvres communes du corps professoral. Ils sont ainsi les traces d'actions situées (Durand, 1998).

objet technique

En raison des caractéristiques qu'il présente, c'est un objet technique. Il met à disposition des fonctions de service ; il est utile ; il est susceptible d'être utilisé ou détourné comme ce porte-clefs lumineux substitut d'un pointeur laser. Produit de masse, objet de consommation ou de convoitise, c'est aussi une marchandise. Acheté et vendu par nécessité ou par obligation, il est acquis et cédé parmi l'offre des produits concurrents à des clients séduits ou captifs. Ainsi sont les porte-CD, les ampli-baladeurs, les triangles de sécurité... qui répondent aux besoins particuliers des jeunes usagers et consommateurs.

mais des tensions

Ces quatre statuts majeurs des *objets-produits* sont en filigrane des propos des enseignants et des élèves qui les opposent vigoureusement à des « objets-poubelles », sans utilité et sans valeur. Toutefois, ces statuts apparaissent hiérarchisés dans les données analysées. L'objet institutionnel et l'objet symbolique sont prioritairement affirmés tandis que l'objet culturel et l'objet technique ne sont que plus modestement mentionnés. La relation commerciale qu'induisent les contraintes de faisabilité motive l'attachement aux fonctions d'estime et de signe de ces *objets-produits* alors en tension forte avec leurs caractéristiques techniques et culturelles. La distance des procédés et des objets eux-mêmes des réalités socio-techniques semble aussi fortement concurrencée par la proximité des relations pédagogiques. Dans son double rôle de médiateur entre le monde de la technique et les tâches d'enseignement du professeur, l'*objet-produit* du collège paraît avoir son centre de gravité du côté de la relation éducative. Dans les déclarations des enseignants, la proximité de l'élève est première.

au collège

5.3. Des ouvrages de collège

Les *objets-produits* dans la technologie enseignée sont des objets confectionnés à la fois selon la réglementation qui prévoit la faible valeur marchande de ces exercices de collège et selon leur réalisation achevée grâce à l'ensemble des actions conduites. Distincts des produits industriels et des articles de bimboloterie, ce sont des ouvrages scolaires. Marqués du soin des enseignants et des élèves pour leur concrétisation ainsi que de leur travail respectif pour leur existence, ces *objets-produits* ne sont ni divertissement ni récréation. Ils traduisent l'ensemble des actions coordonnées par lesquelles le travail scolaire est effectué et la matière mise en œuvre.

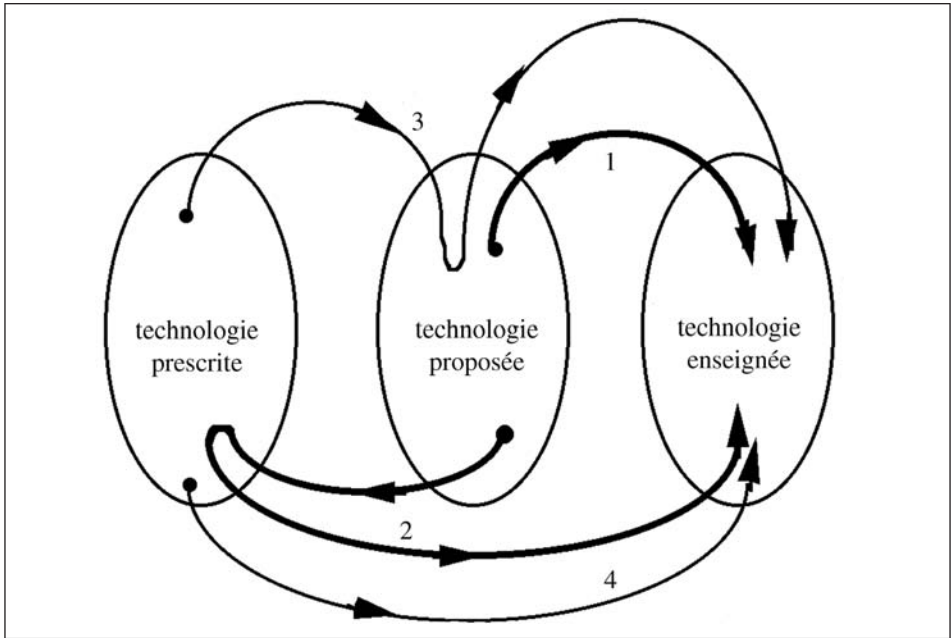
entre offre
et demande

6. LA MATIÈRE MISE EN ŒUVRE

Les résultats présentés mettent en évidence les choix contraints de l'enseignement et les ambiguïtés de l'offre des programmes et de la demande des usagers, de l'offre des éditeurs et de la demande des professeurs, de l'offre des enseignants et de la demande des élèves.

6.1. Compatibilité et authenticité

Figure 2. De la technologie prescrite à la technologie enseignée (Lebeaume, 1998)



entre compatibilité
et authenticité

La technologie mise en œuvre apparaît fortement dépendante de la logique de compatibilité, plus prégnante que celle d'authenticité, en raison des fortes contraintes associées aux ouvrages scolaires. Les exigences d'un enseignement pour des élèves-clients accréditent ce façonnage de la matière scolaire. La contradiction institutionnelle entre l'obligation d'un enseignement et l'absence de prise en charge des contraintes de faisabilité légitime ces adaptations locales que les enseignants s'efforcent néanmoins de situer dans le cadre général prescrit.

La source des décisions des enseignants n'est pas vraiment la technologie dans sa définition prescrite mais plus généralement la technologie proposée et disponible dans les suggestions des éditeurs. Parmi les quatre itinéraires potentiels de décision (Lebeaume, 1998), les chemins les plus utilisés sont ceux qui relient la technologie proposée à la technologie enseignée avec parfois un détour par la technologie prescrite pour valider la conformité aux programmes, en particulier pour les acquisitions de compétences (cf. flèches 1 et 2 figure 2).

Ce constat met en évidence le travail d'adaptation locale de ces propositions par les professeurs et simultanément la

responsabilité des producteurs de la technologie proposée. Une analyse minutieuse de l'ensemble de ces propositions potentielles, du point de vue de l'authenticité qu'elles suggèrent ou qu'elles intègrent, permettrait de les caractériser. Cette étude contribuerait en outre à l'élaboration d'outils d'étude critique des propositions d'enseignement, indispensables pour la formation des maîtres.

6.2. Objets-produits et tâches

des choix premiers

Dans sa problématique et ses outils d'investigation, la recherche conduite a focalisé sur les *objets-produits*. Par là même, la recherche est susceptible de surestimer ces résultats aux dépens du processus de leurs réalisations-productions. Toutefois, dans la mise en œuvre de la matière, ces choix sont généralement premiers afin d'assurer l'approvisionnement nécessaire et la planification des tâches scolaires. À la différence d'autres enseignements qui peuvent admettre des adaptations ou des régulations en temps réel, en technologie, la réactivité des dispositifs d'enseignement est obligatoirement faible, faute de ressources matérielles disponibles immédiatement.

La focalisation des décisions des enseignants ainsi cristallisée sur les *objets-produits* situe parallèlement les activités de réalisation sur projet dans une relation de dépendance à cette sélection. Les tâches sont celles que recèle ce support d'enseignement choisi dans les tensions entre ses différents statuts. Le travail des enseignants consiste alors en la mise en scénario de ces *objets-produits*.

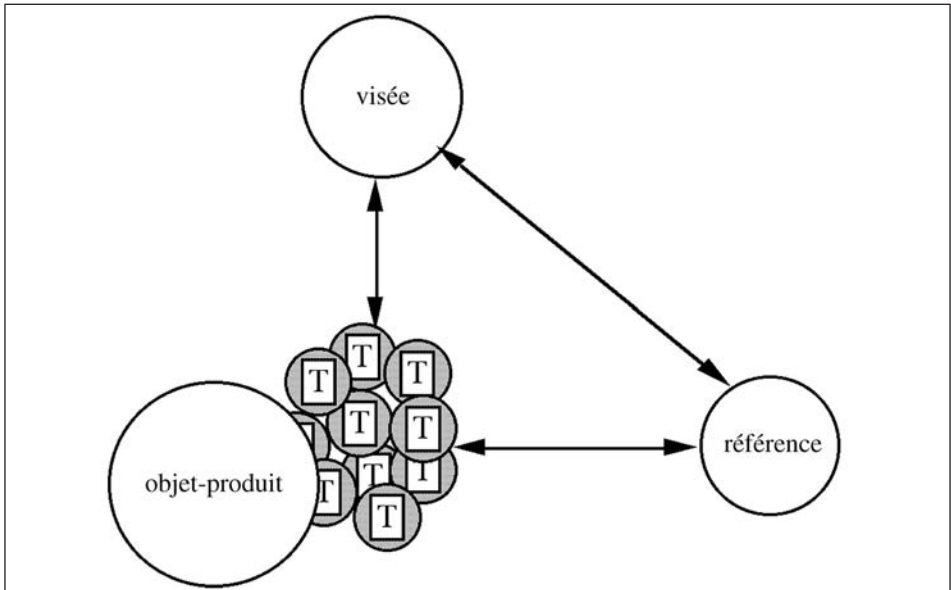
6.3. Mise en projets des *objets-produits*

de solutions techniques

La reconstruction de projets à partir des résultats choisis ne peut apparaître que paradoxale. Mais elle s'avère contrainte. Elle nécessite la décomposition technique de l'objet-produit afin de repérer les opérations potentielles qu'il supporte et une recombinaison pédagogique pour leur planification et leur apprêtage scolaire. La professionnalité des enseignants de technologie consiste principalement en cette création des situations d'enseignement-apprentissage à partir de ces *objets-produits* (cf. figure 3).

Merlaud (2000) membre du Conseil national des programmes prévenait des risques de l'usage exclusif de kits proposés par les éditeurs, qui transformerait les projets techniques en montages machinaux de solutions. Or, mettre en projets les *objets-produits* nécessite des outils d'aide à la conception de l'enseignement pour que les tâches soient significatives. En effet, cette mise en projets n'est pas seulement une planification pédagogique des tâches mais une programmation de l'enseignement qui permet d'offrir aux élèves des tâches dont la technicité maintient la cohérence de l'éducation technologique et de la « méthode des scénarios ».

Figure 3. Mise en projets des *objets-produits*



à analyser
en formation

C'est donc une formation des professeurs privilégiant le registre épistémologique des mises en œuvre qui est susceptible de permettre cette décomposition technologique des *objets-produits* et cette recombinaison en « projets » pour l'enseignement. Penser la formation des professeurs pour l'enseignement de la technologie, situé, c'est-à-dire en prenant en charge les contraintes du programme sans ignorer celles de la mise en œuvre, conduit à permettre aux professeurs d'assumer pleinement l'ambiguïté voire la contradiction de la technologie entre *objet-produit* et projet technique et entre produit et processus. Le schéma (figure 3) illustre les orientations de la formation centrée sur l'élaboration d'outils d'analyse critique des *objets-produits* par rapport aux références qu'ils peuvent ou non recouvrir, aux tâches qu'ils peuvent ou non générer et à leurs visées plus ou moins étendues. Au cœur des dispositifs de formation, ces décisions, leur argumentation, leur discussion, leur confrontation à des propositions alternatives sont ainsi susceptibles de favoriser les réelles délibérations des enseignants sur/ pour leur discipline, dont les propos dans les entretiens apparaissent marqués à la fois par leur implication et leur embarras vis-à-vis des significations de ces *objets-produits*.

Joël LEBEAUME
UMR STEF ENS Cachan – INRP
École normale supérieure de Cachan
lebeaume@stef.ens-cachan.fr

BIBLIOGRAPHIE

ASSOCIATIONS (2004). Lettre ouverte au président du Conseil National des Programmes. [disponible : <http://membres.lycos.fr/aeet/>]

ASSOCIATION DES ENSEIGNANTS D'ACTIVITÉS TECHNOLOGIQUES (1997). Enquête AEAT. *Activités technologiques*, n° 119, p. 56-63.

COMMISSION PERMANENTE DE RÉFLEXION SUR L'ENSEIGNEMENT DE LA TECHNOLOGIE (1992). *Technologie, textes de référence*. CIEP : Sèvres. (texte de 1983)

CRINDAL, A. (1997). *Bilan de la recherche action 1994-1997 : Élargir le champ des possibles à propos de la démarche de projet*. INRP-CNM. 326 p.

DEFORGE, Y. (1993). Technologie ou bricolage, il faut choisir. *Les publications de Montlignon*, n° Hors série. p. 25-26.

DESPROGES, P. (1988). *Textes de scène*. Paris : Éd. du Seuil.

DURAND, M. (1998). *L'enseignement en milieu scolaire*. Paris : PUF.

FOLLAIN, O. (1997). *Panorama des pratiques au collège : quelles références implicites aux pratiques du domaine électronique*. Mémoire de DEA, LIREST-GDSTC, Cachan. 37 pages.

FOLLAIN, O. & LEBEAUME, J. (2001). Pratiques d'enseignement en technologie : quels objets et activités du domaine électronique au collège. *Didaskalia*, n° 19, p. 79-100.

GRAUBE, G., DYRENFURTH, M.J. & THEUERKAUF, W.E. (Eds). (2003). *Technology Education : International Concepts and Perspectives*. Frankfurt am Mein : Peter Lang.

HÖRNER, W. (1987). *École et culture technique, expériences européennes*. Paris : INRP.

LAURENT, J.-L. (1996). *Étude des pratiques des enseignants dans des démarches d'investigation technologique et de réalisation de projet*. Mémoire de DEA, LIREST-GDSTC, Cachan. 30 pages et annexes.

LEBEAUME, J. (1994). Logique d'authenticité et logique de compatibilité dans la formation professionnelle des enseignants de technologie. *Les Sciences de l'Éducation pour l'ère nouvelle*, n° 1, p. 25-38.

LEBEAUME, J. (1998). Qu'est-ce qu'un professeur de technologie : quelques questions posées pour leur formation. *Clés à venir*. Metz : CRDP. n° 16, p. 49-57.

LEBEAUME, J. (2000). *L'Éducation technologique : histoires et méthodes*. Paris : ESF.

LEBEAUME, J. (dir.) (2001). *Réalisations-productions et Objets-Produits en Technologie au Collège*. Rapport de recherche en réponse à l'appel à association de l'INRP. Orléans : IUFM Orléans-Tours ; Cachan : LIREST-GDSTC : INRP. 71 pages et annexes.

LEBEAUME, J. (2004). Une intervention didactique décisive : le choix des objets-produits par les professeurs de technologie en collège. *Recherche et Formation*, n° 46, p. 23-42.

LEBEAUME, J. & MARTINAND, J.-L. (coord.) (1998). *Enseigner la technologie au collège*. Paris : Hachette.

MARTINAND, J.-L. (2003). L'éducation technologique à l'école moyenne en France : problèmes de didactique curriculaire. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, vol. 3, n° 1, p. 101-106.

MERLAUD, C. (2000). Vers un pôle « Sciences et Techniques au collège ». In Institut Recherche FSU (dir.). *Pour une culture commune*. Paris : Hachette. p. 192-205.

SORNIN-MONTET, G. (1996). *Des travaux manuels à la technologie*. Thèse de doctorat, université Paris 5, Paris.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. CIRCULAIRE N° IV 69-64 DU 5 FÉVRIER 1969 : COMPTABILITÉ DES ATELIERS ; OBJETS CONFECTIONNÉS. *RLR* 363-7.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. Circulaire n° 78-253 du 8 août 1978 : Réglementation relative aux travaux et aux fabrications industrielles dans les établissements d'enseignement technologique, à la vente d'objets fabriqués et à la rémunération de services. *RLR* 523-9 (mise à jour 1992).

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. Circulaire n° 88-079 du 28 mars 1988 : Objets confectionnés : Aspects comptables et financiers. *RLR* 363-1 (mise à jour 1994, n° 1 p. 268_e).

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. Circulaire n° 97-123 du 23 mai 1997 : Mission du professeur exerçant en collège, en lycée d'enseignement général et technologique ou en lycée professionnel. BO du 29 mai 1997, n° 22, p. 1571-1576.

RÉALISATION DE MICRO-ROBOTS AU COLLÈGE MISE AU POINT D'UNE DÉMARCHE PÉDAGOGIQUE ET D'UN ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE SUPPORT DES ACTIVITÉS

Pascal Leroux

Deux questions peuvent se poser dans le cadre de la conception d'environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH) : devons-nous fonder la conception d'EIAH uniquement à partir de la didactique d'un domaine ou devons-nous concevoir un EIAH puis l'adapter à un domaine ? Face à ces questions, nous préférons nous engager dans une logique d'enrichissement mutuel entre les disciplines qui s'intéressent aux apprentissages et à l'informatique. Nous voulons montrer dans cet article un exemple de cet enrichissement mutuel à travers la mise en œuvre d'une démarche balisée de réalisation de micro-robot intégrant l'utilisation d'un environnement informatique pour l'apprentissage de la technologie. Nous montrons comment au fil d'un projet de recherche nous avons parallèlement mis au point une démarche balisée de réalisation de micro-robot et fait évoluer l'application RoboTeach support des activités en micro-robotique pédagogique.

1. INTRODUCTION

La pédagogie de projet a un statut particulier pour l'enseignement de la technologie notamment au collège. Il existe une culture du projet ; en témoigne le colloque qui a eu lieu en 2000 à Marseille uniquement sur ce thème (*Projets Marseille*, 2000). Crindal (1996) retrace l'évolution des projets de production à l'école et il montre qu'il n'existe pas une seule pratique de la pédagogie de projet. D'ailleurs, il préfère parler de *figures* représentatives des démarches en fonction du contexte des projets (sens, valeurs, temps et conditions), du point de vue des acteurs (personnel et institutionnel) et du processus développé (intention, décision et exécution).

Pendant une dizaine d'années (de 1984 à 1994), notamment par l'intermédiaire de stages consacrés à la mise en œuvre d'un *projet technique*, le sens attribué au projet s'est fondu dans celui du « produit à réaliser » plutôt que dans une réflexion sur les démarches à élaborer et à conduire au cours de la réalisation d'un projet technique (Crindal, 1996). Les étapes du projet étaient définies à partir d'une démarche proche des projets industriels (Rak et *al.*, 1990). Les étapes sont celles du cycle de vie d'un produit. En fait cette démarche technico-économique, faite à des fins d'enseignement, s'avère très éloignée des pratiques réelles en entreprise et induit des organisations qui privilégient les tâches de

existence
d'une culture
du projet...

...dans
l'enseignement
de la technologie
au collège

étude
de la transposition
dans le cadre
scolaire...

...d'une démarche
pédagogique
validée en formation
professionnelle

fabrication et le guidage de l'action (Ginestié, 2000). Dans cette approche, les activités des élèves se trouvaient souvent réduites à la fabrication d'un objet. À partir des années 1994, les inspecteurs généraux de sciences et technologiques industrielles ont remis en avant l'intérêt pédagogique d'utiliser une démarche de projet dans toute sa complexité (Crindal, 1996). Cette époque correspond exactement au moment où, d'une part, nous proposons dans nos travaux la mise en place d'une démarche de projet pour l'alphabétisation technologique et informatique dans le cadre de formation en entreprise et, d'autre part, nous commençons à mener une réflexion sur la transposition de cette démarche dans le contexte de l'enseignement de la technologie au collège (Leroux, 1995). C'est une synthèse de cette réflexion et de ces résultats en terme d'activités et de supports pédagogiques développés que nous présentons dans cet article.

Nous sommes donc partis d'une démarche de projet en micro-robotique pédagogique et de l'application informatique *RoboTeach*, support des activités associées à cette démarche, que nous décrivons à la section suivante. À partir de cet existant développé dans un contexte de formation professionnelle, nous avons étudié les possibilités de transposer la démarche et l'application dans le cadre de l'enseignement sur les systèmes automatisés dans les classes de cinquième et de troisième en collège selon une succession d'étapes et une méthodologie de recueil d'expériences exposées dans la section 3. D'une première expérimentation en classe de troisième, nous sommes arrivés au constat qu'il était très difficile de mettre en œuvre une démarche de projet dans le contexte très contraint des programmes de collège et du temps dévolu aux unités d'apprentissage, ce que nous verrons dans la section 4. Sur ce constat, nous avons élaboré et testé une démarche balisée de réalisation de micro-robot pédagogique exposée en section 5. Nous présentons dans la section 6 la manière dont nous avons adapté l'application *RoboTeach* pour qu'elle puisse supporter au mieux les activités des apprenants dans cette nouvelle démarche.

2. GENÈSE DES TRAVAUX

2.1. Démarche de projet en micro-robotique pédagogique

Quand nous parlons de démarche de projet, nous faisons référence à la mise en place de *situations-problèmes* riches et attractives, à la fois difficiles mais aussi accessibles, qui mettent simplement les apprenants en route, les engagent dans une interaction active entre la réalité et leurs projets, interaction « *déstabilisant* » et « *restabilisant* » leurs représentations successives, grâce aux décalages introduits par l'enseignant

(Meirieu, 1987). Dans cette démarche, les apprenants peuvent progresser par essais/erreurs pour atteindre la production fixée car les problèmes « *naissent du projet* » (Caparros-Mencacci, 2000) et se succèdent naturellement. De plus, cette démarche offre des possibilités d'individualisation du rythme d'apprentissage et donne aux élèves un plus grand pouvoir d'action sur leur apprentissage. Borderon (1999) indique que pour les adolescents il s'agit d'une condition nécessaire pour s'investir davantage et souvent réussir mieux.

La démarche de projet que nous avons mise en œuvre dans un contexte d'alphabétisation à la technologie et à l'informatique en formation d'entreprise s'appuie sur la réalisation de micro-robots pédagogiques pilotés par ordinateur (cf. figure 1). L'utilisation du couple micro-robot/ordinateur, dans une démarche de projet, crée un « *espace de psychogenèse et technogenèse : le sujet s'y développe en développant des artefacts* » (Dupin et al., 2000). Il fournit un contexte aux apprenants pour exercer leur intuition et élaborer des « *théories fausses, ou pour être plus exact, des théories de transition* » (1) (Papert, 1981). Cette alliance entre les supports pédagogiques (micro-robots et ordinateur) et la démarche de projet intensifie très certainement la mise en œuvre d'une dialectique entre savoirs et activité dont Cushing et Kesley (2000) ont signalé la présence dans les projets : « *le savoir pilote l'activité mais également l'activité pilote le savoir* ».

Tout ceci doit contribuer à développer des compétences chez les apprenants qui dépassent la simple acquisition de savoirs (Denis & Villette, 1997). Par ailleurs, le renouvellement constant des problèmes rencontrés, avec l'incertitude qu'ils entraînent, doit amener le sujet à élaborer des moyens nouveaux pour les résoudre. « *Et plus l'environnement physique ou social répond à l'activité humaine par des informations rétroactives nombreuses, plus cette élaboration sera facilitée* » (George, 1983) : l'association démarche de projet et couple micro-robot/ordinateur nous semble faciliter cette élaboration.

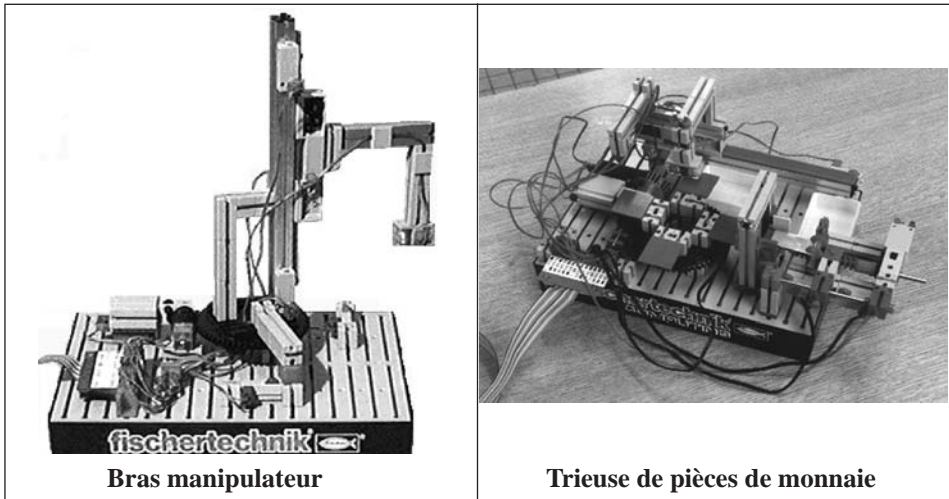
Un des objectifs de nos travaux est de concevoir des *environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (EIAH) qui facilitent la réalisation des activités des apprenants. Nous avons donc engagé des travaux pour développer un EIAH support de la démarche de projet élaboré en micro-robotique pédagogique. Pour créer cet EIAH, nous sommes partis

une démarche
de projet fondée
sur la réalisation
de micro-robots...

...pour développer
des compétences
dépassant
la simple acquisition
de savoir

(1) « *L'apprentissage, pour chacun de nous, se fait en construisant, en explorant, en élaborant des théories ; mais la plupart de ces belles théories élaborées dans notre âge tendre pour nous faire la main, nous devons plus tard les abandonner. ...Le cheminement d'apprentissage spontané des enfants inclut des théories erronées, qui sont aussi riches d'enseignement, en matière d'élaboration de théories, que le sont celles qui se révèlent exactes. ...Piaget a démontré que ces fausses théories qu'élaborent les enfants leur sont nécessaires pour apprendre à penser. Les théories non orthodoxes des jeunes enfants ne résultent pas d'une quelconque faiblesse ou d'un vide cognitif, elles sont plutôt un moyen pour eux d'assouplir leurs facultés cognitives, de développer en s'entraînant leur aptitude à la construction de théories peu orthodoxes* » (Papert, 1981).

Figure 1. Exemples de micro-robots modulaires



mettre en place
des activités
satellites...

d'observations faites dans le cadre d'une recherche sur une formation en alphabétisation à la technologie et à l'informatique en entreprise (Leroux, 1995), observations qui nous ont permis de décliner ce que nous avons dénommé les *activités de projet*. Nous regroupons derrière ce terme les activités qui permettent la réalisation et le pilotage d'un micro-robot ainsi que l'ensemble des activités satellites au projet dont nous allons parler à la section suivante.

2.2. Activités de projet en micro-robotique pédagogique

Les observations faites sur le terrain montrent qu'une démarche de projet dans un contexte d'alphabétisation à la technologie et à l'informatique implique la mise en place d'activités que nous qualifions de *satellites* nécessaires à la réalisation du projet. Parmi elles nous pouvons citer la découverte du matériel, la prise en main des outils, la gestion de l'information et des ressources pédagogiques ainsi que l'interaction avec autrui. Nous pensons que ces activités complémentaires contribuent d'une manière importante à la construction de nouveaux savoirs et savoir-faire.

Nous avons donc décliné les activités dans notre contexte de formation en alphabétisation à la technologie et à l'informatique sous cinq formes (Leroux, 1995).

Des TP. Ils permettent aux apprenants de découvrir et prendre en main le matériel et les outils logiciels sur des exemples précis.

Des séquences de cours. Elles ont pour but de donner aux apprenants des informations sur le matériel et le logiciel, de présenter des notions générales réutilisables dans d'autres

environnements (e.g. des notions technologiques, de programmation) et de préciser le vocabulaire.

Des exercices d'évaluation de connaissances. Ils permettent aux apprenants d'évaluer leurs savoirs généraux ou spécifiques au domaine d'apprentissage. Le projet et les TP sont aussi un moyen d'évaluer les savoirs et savoir-faire. Par rapport au vocabulaire utilisé en formation, nous qualifions d'évaluations sommatives les exercices d'évaluation de connaissances et d'évaluations formatives les projets et les TP.

Des projets. Un projet consiste à concevoir, construire, programmer et piloter un micro-robot à partir d'un cahier des charges établi par l'enseignant. Cette réalisation est effectuée en utilisant les ressources logicielles, matérielles et documentaires mises à la disposition des apprenants.

Des rendez-vous avec l'enseignant. Ils conduisent ce dernier à suivre l'évolution du travail du ou des groupe(s). Ce rendez-vous peut se transformer en activité dans le cas d'une discussion entre les apprenants et l'enseignant sous la forme d'une synthèse sur les savoirs et savoir-faire abordés au cours d'une activité ou d'un échange de points de vue.

C'est donc sur la base de cette déclinaison des activités que nous avons conçu l'application RoboTeach comme support à la réalisation des activités des apprenants.

2.3. RoboTeach : un environnement informatique support des activités de projet en micro-robotique pédagogique

RoboTeach est un environnement informatique support des activités menées dans le cadre d'une démarche de projet en micro-robotique pédagogique (Leroux, 1995). Les activités qu'un groupe d'apprenants peut mener en interaction avec *RoboTeach* sont : la découverte de notions technologiques, la description d'un micro-robot, la programmation et le pilotage d'un micro-robot.

La découverte de notions technologiques s'effectue par la navigation dans des livres électroniques de cours (cf. figure 2). La structure des hypermédiats réalisés est adaptée pour permettre un jeu dialectique entre la théorie et la pratique (Leroux, 1996b). Les notions théoriques sont présentées sous la forme de textes et de schémas. La mise en pratique de ces notions est réalisée par le pilotage de maquettes et le test de montages construits par les apprenants.

Par exemple sur la figure 2, une phrase explique à quoi peut servir un photo-transistor. On invite l'apprenant à construire un montage qui implique l'utilisation d'un moteur et d'un photo-transistor. Une fois le montage réalisé, l'apprenant peut cliquer sur le bouton « *lancement de la manipulation* ». La manipulation permet de faire des tests avec le matériel utilisé. Dans notre exemple, la manipulation consiste à ce que le moteur se mette en marche lorsque le photo-transistor

...nécessaires
à la réalisation
du projet

une démarche
de projet
en micro-robotique
pédagogique

détecte quelque chose (*i.e.* un objet). Tout un réseau de livres électroniques de cours est intégré à l'application *RoboTeach*, réseau dans lequel les apprenants peuvent naviguer et où chaque notion est explicitée d'un point de vue théorique et pratique.

Lors de nos observations en formation, nous avons constaté des difficultés au niveau de la programmation des micro-robots. Afin d'aider les apprenants dans cette tâche, nous avons conçu un environnement de description de micro-robot qui permet de décrire physiquement n'importe quel type de micro-robot en assurant la génération automatique de programmes de pilotage associés (cf. figures 3 et 4). Le principe est le suivant :

coopération
élèves/système
informatique pour
un pilotage correct
du micro-robot

Le groupe d'apprenants connaît du point de vue mécanique le micro-robot qu'il a construit et les actions qu'il veut lui faire faire. Par contre, il a du mal à créer les programmes qui lui permettent de piloter le micro-robot. Le système a des connaissances sur la génération des programmes, sur le diagnostic de pannes mécaniques et électriques des micro-robots et sur le processus de description. Par conséquent, le groupe d'apprenants et le système coopèrent afin d'aboutir au pilotage correct du micro-robot conçu. La coopération se traduit par la séparation des tâches à effectuer. Le groupe d'apprenants décrit le micro-robot au système à travers l'environnement de description. Quant au système, il génère automatiquement les programmes à partir de la description donnée par les apprenants.

Décrire un micro-robot consiste à décrire les différents axes qui le constituent (translation ou rotation avec le matériel dont nous disposons) ainsi que les éléments isolés du robot tels qu'un électro-aimant, un photo-transistor, une lampe, etc. (cf. figure 3).

La description d'un axe consiste à décrire les éléments (un moteur et des capteurs de fin de course) qui vont assurer le mouvement de translation ou de rotation et son contrôle (cf. figure 4).

un environnement
de description
de n'importe quel
micro-robot

Les capteurs de fin de course délimitent le déplacement du robot pour l'axe décrit. Le moteur permet le déplacement sur l'axe selon ses deux polarités d'alimentation, positive ou négative. En fonction de cette polarité, le mouvement se fera de haut en bas, de la droite vers la gauche ou inversement. Le pilotage d'un micro-robot par l'ordinateur se fait par l'intermédiaire d'une interface électronique et d'un bornier (ces éléments sont visibles sur la photo du montage de la figure 2). Décrire un moteur consiste à dire sur quelle sortie du bornier (M1, M2, M3 ou M4) le moteur est relié et à définir l'alimentation du moteur (+ ou -) pour aller vers la droite ou la gauche, en bas ou en haut. Décrire un capteur de fin de course consiste à donner le nom de l'entrée du bornier (E1 à E8) sur laquelle le capteur est câblé.

Figure 2. Exemple d'un écran d'un livre électronique de cours sur le photo-transistor

Livre ouvert : photo-transistor Fermer ce livre

Détection d'une pièce

À SAVOIR

Un photo-transistor peut servir à détecter la présence d'une pièce afin de lancer ou d'arrêter une action.

À FAIRE

- 1 - réaliser le montage de la photo.
- 2 - lancer la manipulation.

1

2 Quand tout est monté, cliquez sur le bouton "lancer la manipulation"

Lancer la manipulation

Cours Câblage Synthèse
Retour page 6
Page 6/9 Page 7

Figure 3. Écran principal correspondant à la description d'un micro-robot par un groupe d'élèves

DESCRIPTION DES AXES

TRANSLATION	DISPONIBLE	DISPONIBLE	ROTATION

DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS ISOLÉS

ELECTRO-AIMANT M4	PHOTO-TRANSISTOR EX	POTENTIOMETRE	DISPONIBLE
DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE

Quitter l'environnement de description

programmes
de pilotage générés
par l'application
informatique

Lors de la description d'un axe, les programmes de pilotage associés à la description sont générés automatiquement par l'application informatique. Par exemple pour la rotation de la figure 4, à partir de la description faite par les élèves, le système a généré les programmes de base qui permettent de lire les valeurs des capteurs de fin de course E1 et E2, ainsi que les actions qui permettent de mettre en marche le moteur M3 et de l'arrêter. Le système génère aussi des programmes élémentaires qui permettent le déplacement du micro-robot vers un capteur de fin de course. À chaque capteur créé, le système associe deux programmes élémentaires possibles qui permettent d'atteindre le capteur ; un en alimentant « positivement » le moteur, et l'autre en alimentant « négativement » le moteur.

C'est le groupe d'élèves qui nomme les programmes élémentaires et définit ainsi ceux qu'il souhaite garder car tous ne sont pas nécessaires. Prenons par exemple le capteur E1. Dans l'absolu, il y a deux possibilités d'atteindre ce capteur en fonction de l'alimentation du moteur M3 (sens + ou - sur la figure 4). Le capteur E1 étant situé en bout de rotation, on ne peut aller à ce capteur qu'en alimentant le moteur M3 positivement. Le groupe d'apprenants n'a donc nommé qu'un des deux programmes élémentaires générés et l'a appelé par exemple « *ALLER_À_GAUCHE* ».

un environnement
où tout se fait
à la souris

Une fois la description du micro-robot terminée, l'ensemble des programmes générés par l'environnement de description peut être utilisé dans l'environnement de programmation/pilotage pour piloter les micro-robots (cf. figure 5). On retrouve dans cet environnement sur la gauche de l'écran l'ensemble des programmes générés par l'environnement de description (« *programmes de base* » et « *programmes élémentaires* ») ainsi que les programmes créés par les élèves (« *vos programmes* ») à l'aide de cet environnement d'édition de programmes où tout se fait par manipulation directe. L'édition d'un programme se fait dans la partie centrale de l'écran en associant les programmes des listes de gauche à des structures algorithmiques situées à droite.

Un des avantages de cet environnement est de mettre à disposition des structures algorithmiques d'itération et de répétition sous une forme proche du langage naturel (Leroux, 1996a). Cette approche de la programmation nous semble intéressante pour aborder des notions de programmation complexes telles que les boucles de répétition avec des débutants. Par ailleurs, grâce à la manipulation directe et à un module d'interface spécifique, qui intègre l'ensemble des fonctionnalités de gestion des programmes (éditions, exécution, etc.), nous avons limité les problèmes que rencontraient les stagiaires dans nos formations d'alphabétisation technologique et informatique au cours de l'utilisation de l'environnement de programmation Logo : erreurs syntaxiques et difficultés liées à l'édition et l'exécution de programmes (Leroux, 1996a).

Figure 4. Écran correspondant à la description d'une rotation par un groupe d'élèves

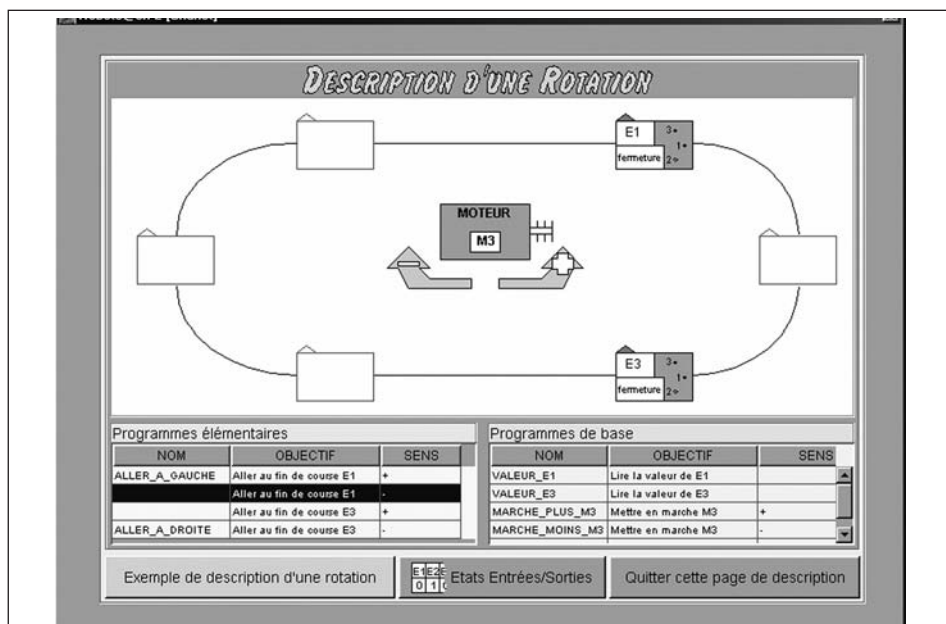
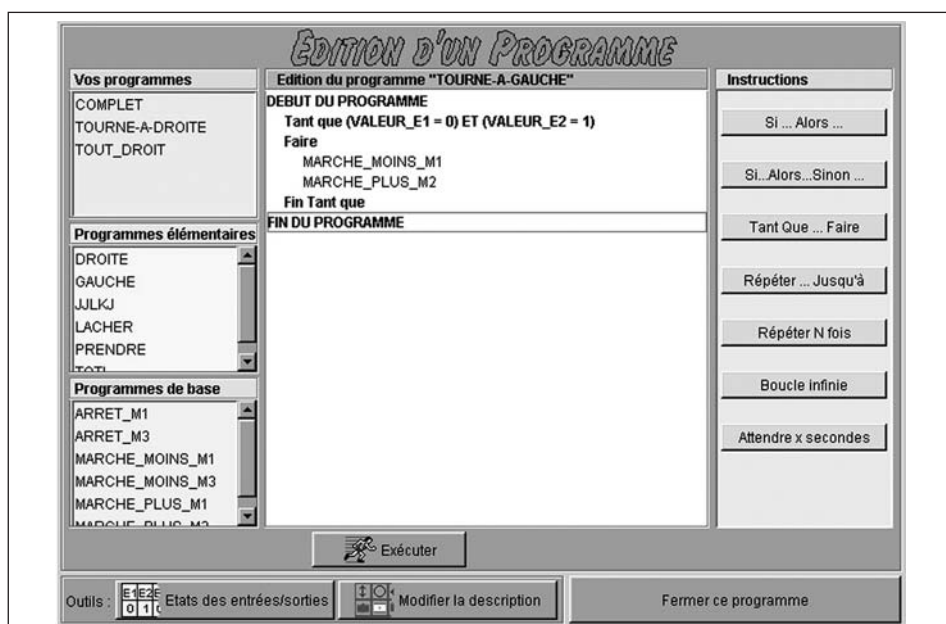


Figure 5. Environnement de programmation et de pilotage



approche des EIAH
fondée sur
le partenariat
système informatique/
enseignant

Notre approche de la recherche dans le domaine des EIAH est fondée sur le concept de partenariat entre le système informatique et l'enseignant (Leroux, 2002). Dans ce cadre, il est notamment prévu que le système informatique prenne en charge la présentation des tâches d'apprentissage prescrites pour soulager l'enseignant dans son rôle pédagogique. Cela implique de structurer informatiquement les sessions d'apprentissage de façon à permettre au système de présenter aux élèves les différentes tâches prévues en fonction des choix de l'enseignant. Pour cela, nous avons choisi de structurer une session d'apprentissage sous la forme d'une succession d'étapes ; chaque étape donne accès à un module informatique support du travail à effectuer par le groupe d'apprenants ou à un écran qui demande aux élèves d'appeler l'enseignant de manière à faire le point avec lui. L'exécution d'une session pour les apprenants correspond à une succession de tâches à réaliser ou, dans le cas d'un projet, permet l'accès aux modules informatiques nécessaires à sa réalisation, les apprenants pouvant passer puis revenir à n'importe quel module. C'est donc sur ces bases que l'application *RoboTeach* a été réalisée.

2.4. Adaptation de *RoboTeach* à l'enseignement de la technologie au collège

Un prototype opérationnel de *RoboTeach* a été testé plus de quatre cents heures dans plusieurs contextes de formation avec des publics très différents (Leroux, 1995). Citons par exemple : à l'AFPA de Saint-Nazaire, formations de dix heures de stagiaires de CAP Électricité Équipement Industriel ou encore à l'association pour la formation des personnels du Mans, formation sur quatre-vingt heures d'ouvriers en reconversion d'une entreprise de sous-traitance dans l'industrie automobile.

une version
RoboTeach
tenant compte
des contraintes
du collège

Les mises à l'essai ont montré que l'application permet de réaliser des activités de projet en alphabétisation à la technologie et à l'informatique, ce qui constitue l'objectif visé à l'origine de nos travaux.

Notre volonté dès 1994 a été d'engager des travaux pour effectuer la transposition de la démarche de projet et de l'application *RoboTeach* dans le contexte spécifique de l'enseignement de la technologie au collège. Cet engagement s'est concrétisé par la mise à disposition de *RoboTeach* à un groupe de professeurs de technologie en collège. Le but était d'examiner les usages qui pourraient être faits d'un tel système en classe de technologie dans le cadre de séances de 1h30. Cette mise à disposition correspondait à une période charnière pour l'enseignement de la technologie en France avec la définition et mise en place de nouveaux programmes (B.O., 1999). Les compétences visées par l'unité intitulée « *pilotage d'automatismes* » de ces programmes pouvaient être travaillées dans le cadre des activités réalisées avec *RoboTeach*.

C'est donc sous la pression enseignante amicale vis-à-vis de l'intérêt que pouvait avoir *RoboTeach* pour l'enseignement de la technologie au collège que son développement s'est poursuivi par une phase d'industrialisation qui a abouti à la diffusion de *RoboTeach* en mars 1998.

une démarche guidée
par l'observation
et la programmation
de deux maquettes

Le développement de la version industrialisée a été réalisé en prenant en compte les contraintes des enseignements en collège (travail par binôme, cinq séances de 1 h30) et en respectant au plus près les consignes des programmes de l'enseignement technologique. Les activités mises en œuvre ont été fondées sur une démarche guidée par l'observation et la programmation de deux maquettes préassemblées par l'enseignant : une porte de garage et un système de lavage automatique de voiture (ces automatismes sont peu complexes et ne nécessitent pas une programmation très élaborée). Les cinq séances étaient planifiées de la manière suivante.

La première séance permettait aux élèves de découvrir le fonctionnement de la maquette et ses différents constituants (actionneurs et capteurs). La séance 2 était consacrée au pilotage de la maquette en commande directe avec compte-rendu d'exécution et en mode contrôlé. Lors de la séance 3, les élèves devaient représenter les étapes du fonctionnement de la maquette puis modifier son programme. Dans les séances 4 et 5, les élèves devaient modifier la maquette par rapport à un cahier des charges ce qui impliquait d'installer de nouveaux éléments à la maquette et de modifier ses programmes en conséquence.

problème
d'implication
des élèves
pendant l'activité

Après une année d'utilisation de *RoboTeach* en classe, les enseignants ont constaté une implication limitée des élèves sans appropriation de la connaissance du matériel et du logiciel (simple montage de quelques éléments). Lors d'une réunion dans le cadre de notre démarche de recherche participative impliquant des enseignants, nous sommes arrivés à la conclusion que cette moindre implication était une conséquence de l'utilisation d'automatismes peu complexes mais surtout de la démarche pédagogique guidée (Leroux et al., 2002). Face à ce constat et repartant des résultats positifs d'une démarche de projet en formation professionnelle, nous décidions de mettre au point et d'expérimenter une démarche pédagogique qui implique plus les apprenants dans le contexte donné. Ce travail fut fait dans le cadre d'une recherche en réponse à un appel d'offre d'équipe associée à l'INRP (Leroux et al., 2002).

3. DÉMARCHE DE RECHERCHE MISE EN ŒUVRE DANS LA RECHERCHE INRP

Du point de vue méthodologique, il nous a semblé intéressant de repartir de l'expérience acquise avant cette recherche en terme de démarche de conception itérative et participative de dispositifs d'apprentissage. Cette démarche a notamment abouti à l'élaboration d'activités

conception
itérative
et participative
de dispositifs
d'apprentissage...

d'apprentissage en automatisme accompagnées de leurs supports pédagogiques et à l'industrialisation du prototype logiciel de recherche *RoboTeach*. La conception itérative procède par une succession de phases de spécification, de réalisation et d'évaluation de prototypes (Bruillard & Vivet, 1994). Les résultats des mises à l'essai permettent d'affiner ou de remettre en cause les spécifications et contribuent à l'amélioration du logiciel et des supports pédagogiques. Ce processus est répété jusqu'à obtenir un EIAH et des supports pédagogiques stables. La démarche participative (2) consiste à intégrer les utilisateurs (ici les enseignants et les apprenants) au processus de conception itératif afin d'exprimer leurs besoins, d'explicitier leurs pratiques et de tester l'usage du dispositif.

Dans la recherche INRP, deux professeurs de technologie au collège ont participé aux travaux. Le processus itératif de la recherche a été effectué en 3 cycles correspondant à l'élaboration et la mise à l'essai d'activités, des supports pédagogiques (EIAH, matériel, documents papier) en classe de 5^e et de 3^e selon la chronologie suivante :

- 1) essai d'une mise en œuvre d'une démarche de projet en 3^e ;
- 2) mise à l'essai en 5^e d'une démarche balisée de réalisation de micro-robot ;
- 3) adaptation de l'application *RoboTeach* à la démarche balisée et mise à l'essai en 3^e.

Ces différents cycles sont explicités dans la suite de l'article. Le choix des années de 5^e et de 3^e vient du fait que dans les programmes officiels elles comportent chacune des apprentissages liés aux automatismes. Pour chaque cycle, le protocole d'expérimentation retenu a été le suivant :

...dans le cadre
d'une recherche
INRP

- réalisation d'activités par les élèves avec recueil d'informations écrites par un ou deux observateurs sur le terrain et enregistrement vidéo des séances ;
- discussion avec les élèves sur les activités à la fin de chaque séance ;
- transcription des vidéos par séance grâce une grille de codage (cf. Tableaux 1 et 2) ;
- synthèse des séances à partir des observables cités précédemment.

Pour chaque séance, une fiche signalétique est écrite et comprend une identification de la séance (classe, numéro dans la série des séances, noms des élèves, nom de l'enseignant, nom de l'observateur), une présentation des objectifs de la séance, les compétences visées, les supports pédagogiques utilisés, l'analyse de la grille de transcription de la vidéo, une

(2) Une partie des travaux de cet article ont été effectués dans le cadre de cette équipe INRP de 1998 à 2001 composée de Jean-Luc Monflier (IUFM Pays de la Loire), Sylvain Guyon (Collège Vieux Colombier du Mans), Michel Jambu (Collège Jean Rostand de Saintes Jammes), de Christophe Després et Sébastien George (LIUM).

conclusion sur la séance. Ensuite, une synthèse générale est rédigée sur l'ensemble du cycle.

La grille de codage élaborée pour les expérimentations (cf. Tableaux 1 et 2) a permis une transcription des vidéos et une analyse *a posteriori* des séances selon les points de vue suivants :

les données
recueillies...

- démarche propre des élèves : leurs actions, observations, utilisation de supports pédagogiques, sollicitations d'un tiers, échanges et comportement ;
- utilisation du logiciel *RoboTeach* : action des élèves sur les environnements de description et de programmation, exécution et modification de programmes, utilisation de livres électroniques de cours, observation sur l'écran et utilisation des consignes écran ;
- utilisation de la maquette et du matériel : observation, manipulation de la maquette et du matériel ainsi que modification de la structure de la maquette ;
- utilisation des documents pédagogiques autres que le logiciel fourni : utilisation des consignes papier et des documents ressources papier, observation d'une vidéo (quand il y en a une) présentant le fonctionnement d'un objet du monde réel, écriture sur des documents papier.

...et analysées

Pour chaque minute de l'enregistrement vidéo des activités des élèves (ligne de repérage temporel), on noircit les cases correspondant à ce qui est observé. Les zones plus ou moins noircies permettent de révéler le taux d'activité des apprenants pendant les séances et les interactions qu'ils ont avec les supports pédagogiques, avec l'enseignant et au sein de leur groupe.

Au fil des expérimentations, nous avons rassemblé un descriptif complet des activités, l'ensemble des documents papier élèves utilisés, et recueilli un maximum d'observables stockés sous la forme de vidéos, de grilles de transcription des vidéos et de notes d'observation. Pour faire comprendre notre démarche, nous présentons une synthèse des fiches signalétiques des deux premières séances du premier cycle en classe de 3^e de notre démarche de recherche. Pour les autres cycles, nous ne présenterons qu'un bilan des expérimentations qui nous ont amené à proposer une démarche pédagogique balisée et à adapter l'application *RoboTeach*.

4. ESSAI DE MISE EN ŒUVRE D'UNE DÉMARCHE DE PROJET EN MICRO-ROBOTIQUE AU COLLÈGE

un projet
de construction
d'un chariot
transpalette

Face aux problèmes d'implication des apprenants observés lors de la première année d'utilisation de *RoboTeach* en classe, nous décidons de mettre en place et d'expérimenter pour des élèves de 3^e un projet devant aboutir à la conception et la construction d'un chariot transpalette. L'objectif pédagogique des séances était d'aboutir à un chariot qui transporte des palettes en suivant une ligne noire. Dans le

Tableau 2. Grille de transcription de la vidéo correspondant à la séance n° 2 de l'expérimentation en classe de 5^e

		Transcription de la vidéo d'une séance - Classe de 5 ^e																				Remarques :															
		1	5	6	10	11	15	16	20	21	25	26	30	31	35	36	40	41	45	46	50	51	55	56	61	65	66	81	85	90	96	98	100				
Reperage temporel :	sur l'environnement de description																																				
	sur l'environnement de programmation																																				
	exécution du programme																																				
	modification de la structure de la maquette																																				
	consulte les documents papier																																				
	sur la maquette																																				
	sur la maquette / le matériel																																				
	sur l'écran																																				
	sur les documents papier																																				
	la vidéo																																				
DEMARCHE DES ELEVES	les consignes écran																																				
	les consignes papier																																				
	un livre de cours électronique																																				
	les documents ressources papier																																				
	l'enseignant																																				
	un camarade																																				
	une explication à la cantonade																																				
	"appel formateur"																																				
	éprouve de l'enseignement																																				
	éprouve l'enseignant après sollicitation d'un camarade																																				
problemes observes	échange dans le groupe																																				
	échange avec l'enseignant																																				
	pause réflexive																																				
	attente																																				
	enthousiasme																																				
	abandon																																				
	rigor																																				
	peuplexe																																				
	découragement																																				
	interface utilisateur / machine																																				
autres	problème matériel																																				
	animation pédagogique																																				
	intervention sur le matériel de l'enseignant																																				
Durée de l'observation : 96 minutes																		Observateur : Jean-Luc		Date : 24/01/2000																	
Élèves : Eva et Jean																				INRP - " Les activités de production dans les enseignements technologiques de l'école obligatoire " Année scolaire 1999-2000																	

domaine des automatismes pilotés par ordinateur, selon les indications du *Bulletin Officiel* (1999), « les élèves doivent disposer d'une application fournie par le professeur ». Ils avaient donc à leur disposition une maquette de chariot simple qu'ils pouvaient piloter par ordinateur mais qui n'était pas équipée pour suivre une ligne noire ni pour transporter des palettes.

4.1. Descriptif de l'expérimentation

L'expérimentation s'est déroulée sur six séances d'une durée de 90 minutes chacune dans les conditions réelles de classe en technologie. C'est-à-dire que les élèves travaillent par groupe sur des tâches différentes prévues par l'enseignant. Dans le cas d'étude, la classe était composée de vingt élèves et divisée en trois groupes :

expérimentation sur
6 séances d'1h30
en classe de 3^e

- dix élèves travaillaient à une réalisation sur projet ;
- quatre élèves travaillaient sur l'histoire des solutions à un problème technique ;
- six élèves travaillaient sur les automatismes pilotés par ordinateur par binômes ; deux binômes ont été complètement observés. Le nombre de binômes observés est limité car nous n'avions pas les moyens humains pour en observer plus. Par conséquent, nous avons effectué une analyse expérimentale qualitative plutôt que quantitative.

Au niveau des automatismes pilotés par ordinateur, l'enseignant avait décomposé le travail suivant les tâches suivantes :

succession
de tâches présentées
aux élèves
par l'application
RoboTeach

- découverte du chariot transpalette et de ses constituants ;
- choix d'un capteur parmi un ensemble d'éléments proposés pour la mise en œuvre sur le chariot transpalette du suivi de la ligne noire ;
- installation et test des capteurs de suivi de piste ;
- modification de la description de la maquette dans *RoboTeach* (ajout de la description des capteurs), le but étant de générer les programmes élémentaires qui permettent de programmer leur chariot lors du suivi de la ligne noire ;
- modification dans l'environnement de programmation des programmes du chariot pour qu'il puisse suivre la ligne noire ;
- création du programme pour arrêter le chariot en bout de piste ;
- observation puis réalisation d'une translation pour transporter les palettes ;
- création d'un programme pour lever et poser les palettes ;
- modification des programmes de manière à prendre une palette en début de piste et la déposer en fin de piste en suivant la ligne noire.

Les tâches étaient présentées aux élèves les unes après les autres selon une planification élaborée dans *RoboTeach* par l'enseignant. La structuration en étape des sessions d'apprentissage dans le logiciel convenait bien au déroulement du travail prévu.

4.2. Analyse des séances

Les 6 séances ont été observées, les vidéos visionnées et codées. Nous présentons ici le bilan des deux premières séances, les phénomènes observés dans les séances suivantes étant très similaires aux deux premières séances.

• Séance 1 du 8 novembre 1999

une forte guidance
dans le
déroulement
de l'activité...

Les objectifs de cette séance étaient de faire découvrir aux élèves en premier lieu ce qu'est un système automatisé (le chariot transpalette), puis de faire apparaître les constituants essentiels de ce système – en l'occurrence les capteurs et les actionneurs – et enfin d'effectuer un choix de capteur pour la mise en œuvre sur le chariot transpalette du suivi de la ligne noire.

Les compétences visées étaient « *choisir un constituant (capteur ou actionneur)* » et « *configurer une chaîne fonctionnelle (associer capteur et actionneur) ou un système en fonction d'un besoin spécifique* ».

Le logiciel *RoboTeach* avec les étapes de la séance, un chariot transpalette, trois documents papier élèves sur le travail à réaliser et un questionnaire à renseigner par les élèves constituaient les supports pédagogiques.

L'analyse de la grille de transcription de la vidéo et des observations faites, nous a conduit aux constats suivants :

- l'observation du système ne permet pas de faire émerger le concept de capteur ;
- les élèves ne semblaient pas percevoir le sens de l'activité car, en fait, il n'y avait pas de réel choix possible parmi les différents capteurs. Les élèves ont eu une découverte livresque des capteurs ;
- dans la phase d'implantation des capteurs, les élèves n'ont pas suivi les documents mais ils ont suivi leur logique (vers une démarche de projet ?).

...qui suit
la logique imposée
par l'enseignant

La conclusion sur la séance était qu'il existait une forte « guidance » dans le déroulement de l'activité qui suit la logique imposée par l'enseignant aux travers des documents.

• Séance 2 du 15 novembre 1999

Les élèves, ayant déterminé le type de capteur à installer sur le chariot pour qu'il puisse suivre la bande noire, doivent au cours de cette séance effectuer le montage puis le câblage des capteurs. Ensuite ils doivent modifier la description de la maquette dans le logiciel (ajouter la description des capteurs) afin de pouvoir définir les programmes élémentaires qui leur permettent ensuite de programmer leur chariot pour qu'il puisse suivre la ligne noire. Les supports pédagogiques étaient du même type que ceux de la séance précédente.

Les compétences visées étaient « *choisir un constituant (capteur ou actionneur)* », « *configurer une chaîne fonctionnelle (associer capteur et actionneur) ou un système en fonction*

d'un besoin spécifique », « *définir ou modifier l'enchaînement des actions associées à un fonctionnement attendu, en précisant chaque information requise* » et « *programmer tout ou partie d'un enchaînement d'actions* ».

L'analyse de la grille de transcription de la vidéo (cf. Tableau 1) et des observations faites, nous a amené aux constats suivants :

difficulté pour les élèves d'entrer dans la logique des tâches

- forte interactivité maquette/ordinateur en début de séance lors du montage et du câblage des capteurs (durée : environ 26 minutes). Ceci est visible sur les lignes « *modifie la structure de la maquette* » et « *observe sur l'écran* » (zone A) ;
- les élèves tentent une réponse à une question sur la programmation (ligne « *complète le document papier* ») du questionnaire mais des difficultés apparaissent pour répondre à la question ainsi que pour la programmation ; difficultés apparemment dues à la non-description des phototransistors par les élèves (durée : environ 30 minutes). Ces difficultés sont perceptibles sur la grille (zone B) au niveau du temps passé sur le renseignement du document papier et le fait qu'il n'y a aucune action en parallèle sur l'environnement de programmation ;
- au niveau du comportement, pas du tout d'échange dans le groupe et quelques moments de perplexité.

Les élèves ont eu une grande difficulté à entrer dans la logique du document (préparé par l'enseignant) sur le travail à effectuer et dans la compréhension du problème à résoudre. Ils ont eu aussi grande difficulté pour rentrer dans la logique de programmation. À l'issue de la séance, nous avons décidé de mettre en place une phase de verbalisation plus importante de la part des élèves en début de séance afin de nous assurer de la bonne compréhension de la tâche à remplir.

4.3. Bilan de l'expérimentation

les élèves sont impliqués dans une résolution de problème...

À l'origine de l'expérimentation, nous souhaitions mettre en place une démarche de projet devant aboutir à la réalisation d'un chariot transpalette avec identification des compétences travaillées pour chaque séance. Nous avons tellement été soucieux de coller au plus près des programmes que la situation d'apprentissage mise en œuvre correspond en fait à une succession d'activités guidées par les compétences. L'intérêt ici est que toutes les compétences spécifiées dans les programmes sont visées. Nous avons donc mélangé les activités sur les compétences (ce qui nous semble correspondre aux programmes) et le projet en lui-même. En fait, le scénario pédagogique est constitué ici d'une série de tâches organisées au préalable.

Tous les documents pédagogiques (écrans, fiches papier élèves) sont prévus et planifiés avant les séances. Il n'y a donc pas de démarche de projet. Le chariot transpalette constitue le lien entre les activités mais n'est pas l'aboutissement du

projet. Au lieu d'être dans le registre de démarche de projet, nous sommes plus dans la résolution de problème à partir d'un plan donné (Andreucci, 2000 ; Caparros-Mencacci, 2000). Les visées des élèves sont surtout séquentielles et ordonnées par des informations données au départ sur les tâches à effectuer plutôt que par la description d'un produit à atteindre (Deloffre et *al.*, 2001).

...et non
dans une démarche
de projet

Notre souhait d'impliquer plus les élèves dans leurs activités n'était donc par atteint et celle de la mise en œuvre d'une démarche de projet dans le contexte de l'enseignement de la technologie en collège non plus. Il convenait donc de réfléchir à une meilleure démarche pédagogique dans le contexte d'apprentissage contraint étudié au collège.

5. ÉLABORATION ET EXPÉRIMENTATION D'UNE DÉMARCHE BALISÉE DE RÉALISATION DE MICRO-ROBOT

Les démarches pédagogiques mises en place dans les activités de technologie sont primordiales par rapport aux objectifs que l'enseignant se fixe. Dans les enseignements sur les automatismes pilotés par ordinateur, elles paraissent prendre plus d'importance car l'activité fait appel à du matériel à utiliser et à programmer par rapport à un cahier des charges.

difficultés pour
transposer
une démarche
de projet global...

La démarche de projet global est sans conteste la plus intéressante du point de vue pédagogique et du point de vue des apprentissages des élèves (Legrand, 1986). Le groupe d'élèves construit son projet par rapport à un cahier des charges ou un besoin exprimé (Lutz, 2000) et définit lui-même la planification des tâches. Peu de choses peuvent être prévues à l'avance, ce qui nécessite de la part de l'enseignant une grande maîtrise des systèmes automatisés et une réaction rapide aux demandes, aléas et imprévus. Le temps nécessaire à la mise en œuvre d'une telle démarche ne semble pas compatible avec un horaire contraint à 5 séances de 1h30, comme celui fixé dans le contexte d'apprentissage de nos travaux.

...dans le contexte
scolaire

Du point de vue pédagogique, la difficulté est donc de trouver un juste milieu entre, d'un côté, des démarches très guidées qui brident les activités et limitent très certainement l'acquisition des compétences par les élèves (Vermersch, 1980 ; Weill-Fassina, 1980 ; Cushing & Kesley, 2000), et de l'autre côté, des démarches de projet global qui offrent des activités très ouvertes dans lesquelles les élèves ont du mal à se situer et que les enseignants ont du mal à gérer. Pour essayer d'apporter une solution entre ces deux extrêmes, nous avons défini une *démarche balisée de réalisation de micro-robot*.

5.1. Démarche balisée de réalisation de micro-robot

une balise est
une étape dans
la réalisation
du projet global

Une démarche balisée de réalisation de micro-robot comporte des balises (3) fixées à atteindre, chaque balise étant soit une nouvelle marche gravie pour atteindre l'objectif final, soit une partie du micro-robot à réaliser. Dans tous les cas, la réalisation d'une balise aboutit à une production. L'objet produit correspond à un des modules physiques qui composent le micro-robot ou un de ses programmes. Les balises sont contractualisées en début des séances par l'enseignant, les élèves ou les deux. Elles présentent les caractéristiques de définir les points obligatoires à atteindre sur l'ensemble des séances mais laissent des degrés de liberté aux élèves très importants dans la manière d'effectuer les choix dans les solutions à apporter et de travailler sur les balises. La différence par rapport aux démarches très guidées se situe à ce niveau. Alors que dans une démarche très guidée, on est amené à planifier tout le travail à l'avance jusque dans le choix contraint des solutions, l'idée dans notre démarche balisée est de faire en sorte que les élèves conduisent leur propre réflexion à partir de supports pédagogiques donnés et définissent leur solution à la balise fixée.

Le degré de liberté laissé aux élèves dans la manière d'articuler la réalisation de l'ensemble des balises est lié à la dépendance entre les balises. Un maximum de planification entre les balises tend à réduire la démarche à une succession de problèmes à résoudre. C'est par exemple le cas pour l'expérimentation présentée ci-après en 5^e sur la construction d'une antenne parabolique. Trois balises ont été fixées par l'enseignant :

- une base tournante non contrôlée pour l'antenne ;
- une base tournante avec course limitée dans un secteur ;
- une antenne parabolique avec positionnement automatique par rapport au satellite.

indépendance
des balises et
degré de liberté
laissé aux élèves

On peut ici dire que chaque balise correspond à une étape dans la réalisation du micro-robot.

Dans le cas de la deuxième expérimentation en classe de 3^e sur la réalisation d'un chariot transpalette (cf. section 6), les balises fixées sont complètement indépendantes :

- système de levage (lever et poser une palette) ;
- système de détection d'une palette ;
- système permettant de signaler que le chariot est en fonctionnement.

Les élèves peuvent dans ce cas réaliser les différentes balises selon l'ordre qu'ils souhaitent ou selon le travail qu'ils veulent engager. Par exemple, ils peuvent dans un premier temps

(3) Nous avons préféré le terme de balise à module car dans la signification du mot balise on retrouve la notion de *cap* à suivre comme une balise ou un phare en mer.

construire les parties matérielles de toutes les balises avant de les programmer. Ils peuvent aussi travailler sur chaque balise en construisant et programmant les balises indépendamment les unes des autres. Une plus grande indépendance des balises renforce le degré de liberté laissé aux apprenants dans la gestion de la réalisation de leur micro-robot ; en ce sens cette démarche balisée se rapproche d'une démarche de projet global. La différence se situe au niveau du degré de liberté laissé aux apprenants sur les modules constituant le micro-robot. Dans une démarche de projet global, ils auraient tout à penser alors que dans notre démarche balisée les modules principaux constituant le micro-robot sont donnés.

les compétences
sont implicitement
travaillées...

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, les compétences visées par les programmes de technologie en collège sont très importantes à prendre en considération lors de la mise en place de situations d'apprentissage. Dans une situation d'apprentissage construite sur la base de la démarche balisée de réalisation de micro-robot proposée et incluant l'utilisation d'un EIAH tel que *RoboTeach*, les compétences sont implicitement travaillées lors de la réalisation de la balise, de l'utilisation d'un EIAH ou tout autre outil pédagogique utilisé par les élèves pour réaliser leur production. La définition d'une balise implique des compétences que les élèves devraient être amenés à travailler pour atteindre la balise.

...lors de la
réalisation
de la balise...

Par exemple, la deuxième balise de l'antenne parabolique – citée précédemment – amène les élèves à « *identifier le choix des capteurs et des actionneurs à utiliser* » (première partie de la compétence A2 du *Bulletin Officiel*, (1999)). L'utilisation de *RoboTeach* inclut le travail de certaines compétences comme par exemple « *modifier un programme existant à partir d'un cahier des charges donné* » (compétence A6). Enfin d'autres compétences peuvent être visées lors des activités des élèves. Par exemple, si l'accès est donné aux élèves à des ressources comme des sous-systèmes ou des éléments matériels, les élèves peuvent être amenés à « *justifier leur choix* » (deuxième partie de la compétence A2 du *Bulletin Officiel*, (1999)) auprès de l'enseignant ou des autres groupes lors d'une activité de synthèse.

...de l'utilisation
d'un EIAH...
par les élèves

Afin d'examiner l'intérêt de la démarche balisée de réalisation de micro-robot pour l'enseignement de la technologie au collège, nous avons mis en œuvre cette démarche dans le cadre d'une expérimentation en classe de 5^e.

5.2. Expérimentation de la démarche en classe de 5^e

• *Descriptif de l'expérimentation*

L'objectif de l'expérimentation en classe de 5^e était d'aboutir à une antenne parabolique capable de se positionner sur un satellite. Pour cela, les élèves disposaient d'un cahier des charges succinct, présenté sous forme littérale, d'une vidéo d'un système d'antenne parabolique – qu'ils pouvaient visionner

autant de fois que souhaité – et d'exemples de systèmes de translation et de rotation préassemblés. Du point de vue du logiciel *RoboTeach*, les activités se succédaient de manière *linéaire* suivant des étapes préétablies en adéquation avec les trois balises fixées par l'enseignant et présentées à la section précédente.

L'expérimentation était prévue sur cinq séances d'une durée de 1h30 chacune. Cinq binômes effectuaient en même temps les mêmes activités mais un seul a été complètement observé selon le même protocole que pour la première expérimentation en classe de 3^e.

• *Bilan de l'expérimentation*

attitude toujours
positive et
implication constante
des élèves

Les observations sur le terrain et l'étude des transcriptions des vidéos nous ont permis de constater plusieurs effets bénéfiques de la démarche balisée. Premièrement, l'objectif de construction d'une antenne parabolique a été atteint en quatre séances au lieu des cinq prévues. Tous les binômes ont réalisé une antenne parabolique qui répond au cahier des charges avec des réalisations différentes. Deuxièmement, l'attitude des élèves fut toujours positive et l'implication dans les activités constante. On peut notamment constater cette implication à l'analyse des grilles de transcription vidéo des séances. Voyons par exemple celle de la séance 2 (cf. Tableau 2).

Le but de cette deuxième séance était de choisir et mettre des capteurs de position sur la base construite par les élèves (tâches à réaliser dans le cadre de la balise numéro 2). Ces derniers devaient ensuite vérifier le pilotage de l'ensemble construit à l'aide de l'environnement *RoboTeach*.

La zone A révèle une forte interactivité maquette/logiciel/livre de cours électronique lors du choix des capteurs de position. La zone B révèle une forte activité de construction dans un deuxième temps de la séance correspondant au montage des capteurs sur la base. La zone C indique une interactivité entre la maquette, l'écran et le document papier que les élèves ont à remplir concernant leur réflexion sur le choix des capteurs. Enfin, ils terminent la séance par la découverte de l'environnement de description. Il est aussi intéressant de noter les échanges réguliers (intensifiés au moment du choix des capteurs) dans le binôme tout au long des activités.

le logiciel favorise
la recherche et
l'émulation dans
les binômes

L'expérimentation de la démarche balisée de réalisation de micro-robot a été positive tant du point de vue des résultats obtenus (maquettes très élaborées) que dans les apprentissages (les phases de synthèse à la fin de chaque séance ont été particulièrement riches en questionnement). Les élèves ont été très motivés et ont très bien réussi à manipuler les éléments matériels. Nous avons constaté que le logiciel avait favorisé la recherche individuelle et l'émulation dans les binômes, même si quelques difficultés ont été repérées au niveau de son utilisation.

6. ADAPTATION DU LOGICIEL ROBO TEACH À LA DÉMARCHE BALISÉE DE RÉALISATION DE MICRO-ROBOT

Lors de l'expérimentation en classe de 5^e, nous avons constaté que les élèves avaient parfois du mal à se retrouver entre les différents modules informatiques (livres électroniques de cours, environnement de description, environnement de programmation) qui composent l'application *RoboTeach*. Nous sommes ici dans le cas où les élèves n'ont pas assez de recul par rapport à l'application *RoboTeach* et n'arrivent pas à faire le saut d'un environnement à l'autre.

difficulté des élèves
à se retrouver
entre les différents
modules informatiques

Jusqu'à présent nous n'avons pas observé ce phénomène car nous avons essentiellement utilisé l'application dans des projets pédagogiques avec des adultes en milieu professionnel. Dans ce contexte, les formations démarraient toujours par une prise en main complète du logiciel et du matériel avant de réaliser un projet ; nous avons alors le temps de formation nécessaire (une semaine complète). Cette prise en main du logiciel permettait, entre autres, de bien différencier les différents modules de l'application. Cette différenciation faite, les stagiaires adultes n'avaient pas de difficultés particulières pour passer d'un livre de cours aux environnements de description et de programmation. N'ayant pas, dans les séquences de 5^e, de phase de prise en main complète du logiciel, il nous fallait réfléchir à une meilleure mise en œuvre de la démarche balisée dans le logiciel.

6.1. Aménagement de la structuration des séquences d'activités

La présentation aux élèves des activités par l'application *RoboTeach* est régie selon une séquence d'apprentissage planifiée par l'enseignant qui décide des modules successifs par lesquels les élèves vont passer. Cette présentation linéaire des tâches va en fait à l'encontre du degré de liberté du travail des élèves souhaité dans la démarche balisée. La planification des tâches en étapes devait être revue de manière à offrir aux apprenants une vision plus globale du travail à effectuer. L'idée était alors de présenter sur un même écran l'ensemble des balises à atteindre. Les apprenants peuvent alors à leur guise travailler les balises dans l'ordre qu'ils souhaitent, juste en cliquant sur l'icône correspondant. Néanmoins, il convient d'adapter le fonctionnement informatique de *RoboTeach* à cette nouvelle approche ergonomique de l'accès aux modules de l'application.

présentation
des balises
à atteindre sur
un même écran...

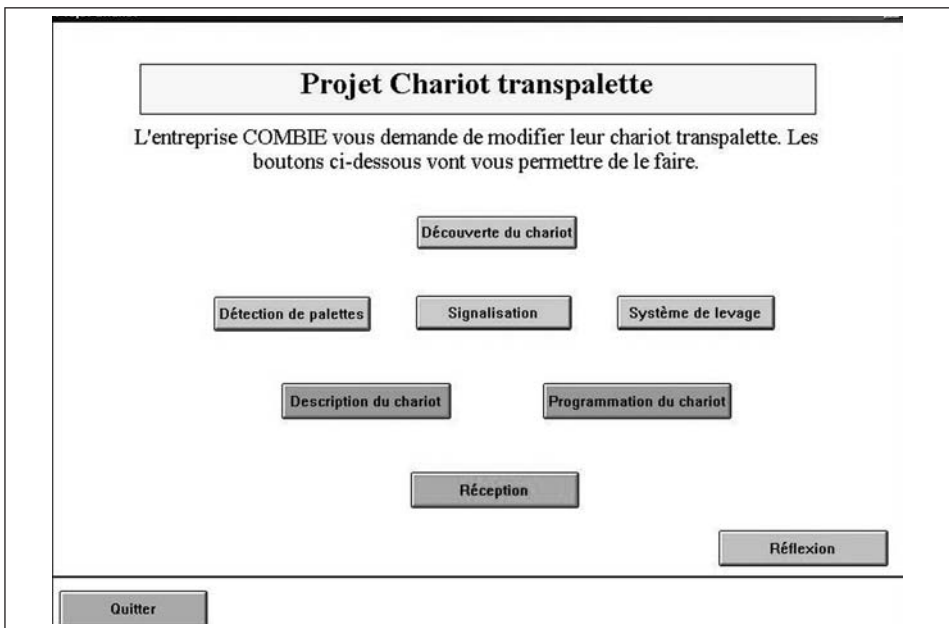
Pour réaliser une production en micro-robotique pédagogique, il faut construire d'une part l'objet physique et, d'autre part, élaborer les programmes associés. La réalisation d'une balise dans notre contexte correspond donc à la réalisation de ces deux tâches. Les deux tâches sont liées mais peuvent être

...rassemblant
des icônes
représentant
ces balises...

dissociées au niveau de leur réalisation et de la présentation qui en est faite aux élèves. Dans *RoboTeach*, les tâches de programmation sont effectuées à l'aide des environnements de description et de programmation. Par conséquent, une balise peut être réifiée à l'écran sous la forme d'une icône pour la présentation de la balise incluant la construction de l'objet et de deux icônes pour sa programmation (une icône pour la description et une pour la programmation). L'icône pour la présentation de la balise et la construction de l'objet (on parlera ensuite d'icône de présentation de la balise) renvoie les apprenants sur des pages de présentation du travail à effectuer et l'accès à des livres électroniques de cours pouvant les aider dans leur travail. Les icônes des environnements de description et de programmation permettent l'accès direct à ces modules.

Afin d'éviter la multiplication des icônes pour la description et la programmation associées à la réalisation de chacune des balises, il est plus judicieux de se limiter à une icône de description et une icône de programmation pour l'ensemble des balises à réaliser. Cela assure la centralisation de l'ensemble des descriptions et des programmes à un seul endroit et permet donc à la fin du projet une intégration facile des différents programmes pour le pilotage complet de la maquette terminale.

Figure 6. Écran présentant les balises pour la réalisation du chariot transpalette



Dans *RoboTeach*, la réalisation d'un micro-robot sous la forme d'une démarche balisée se présente donc sous la forme

...et deux icônes
d'accès aux
modules
description et
programmation

d'un écran rassemblant deux icônes d'accès aux modules de description et de programmation et des autres icônes représentant les balises à atteindre (cf. figure 6). Les élèves peuvent aborder la réalisation des différentes balises avec un degré de liberté intéressant au niveau de leur travail ; soit ils construisent l'artefact au complet avant de le programmer, soit ils construisent une partie et la programment avant de réaliser une autre balise. À chaque fois que les élèves quittent la séquence correspondant à la présentation d'une balise, ils se retrouvent sur l'écran principal avant de pouvoir travailler sur une nouvelle balise ; cela contribue à maintenir à l'esprit des élèves l'objectif final des activités qui est souvent oublié quand les élèves se concentrent sur un sous-système (Bedart-Naji, 1995).

6.2. Expérimentation de la version démarche balisée de l'application RoboTeach

Cette nouvelle approche de la présentation des tâches à réaliser avec l'application RoboTeach a été mise à l'essai dans une seconde expérimentation en classe de 3^e. Suite aux observations de la première expérimentation (cf. section 4), l'objectif du projet a légèrement changé. Il s'agit toujours de réaliser un chariot qui suit une ligne noire mais le chariot doit signaler son fonctionnement et prendre une palette sur le parcours pour la déposer en hauteur à la fin du parcours (cf. les balises à la section 5.1). Pour faciliter le travail des élèves, ils ont à leur disposition une maquette de chariot programmé pour suivre une ligne noire mais ce chariot ne peut ni lever, ni poser, ni détecter une palette.

Comme le montre la figure 6, les élèves ont la possibilité de cliquer sur six icônes différentes, une pour présenter l'objectif du projet, trois pour travailler sur la réalisation matérielle des trois balises à atteindre et les deux icônes d'accès aux environnements de description et de programmation spécifiques à *RoboTeach*.

• Descriptif de l'expérimentation

cinq séances
avec *RoboTeach*
en classe de 3^e

L'expérimentation s'est déroulée sur cinq séances d'environ 70 minutes suivies d'une sixième séance de réception en classe complète au cours de laquelle les élèves présentent au client (l'enseignant) la façon dont ils ont répondu à sa demande.

La classe était composée de vingt élèves divisés en trois groupes :

- huit élèves travaillaient sur une réalisation sur projet ;
- quatre élèves travaillaient sur l'histoire des solutions à un problème technique ;
- huit élèves travaillaient par binômes sur des projets d'automatismes pilotés par ordinateur ; un a été complètement observé.

• *Bilan de l'expérimentation*

Au niveau du binôme observé, le premier point positif concerne les séances qui se sont beaucoup mieux déroulées que lors de la première expérimentation. Les élèves étaient impliqués dans leurs activités ; la qualité de la phase de réception a confirmé l'intérêt porté par les élèves à leur travail. Ils ont beaucoup plus travaillé sur la maquette et sur le logiciel. Ils ont été plus actifs et ont très certainement plus appris par rapport aux automatismes même si nous ne pouvons nous prononcer ici que d'une manière subjective (nous n'avons pas mesuré précisément les acquis). L'ensemble des compétences visées par la réalisation des balises a effectivement été travaillé. Les nouveaux écrans de *RoboTeach* ont contribué aussi à mettre les élèves en situation active de travail. Les échanges dans le binôme ont été très importants et permis une réelle confrontation des idées.

résultats distincts
obtenus
par des élèves
maîtres d'œuvre
de leurs productions

En ce qui concerne l'ensemble des binômes de la classe qui ont travaillé sur le chariot transpalette, le degré de liberté laissé dans la planification du projet a permis aux élèves d'arriver à des résultats distincts tout en se sentant maître d'œuvre de leurs productions. Les élèves ont tous réussi à atteindre l'ensemble des balises tout en procédant de façons différentes en fonction des groupes. Par exemple, un groupe a construit complètement le chariot avant de le programmer. Un autre a construit un système de translation pour lever les palettes, l'a programmé avant de faire de même pour la détection des palettes puis pour la signalisation. Les situations de blocage ont sensiblement diminué car, contrairement à la première expérimentation où ils étaient dans la logique de l'enseignant, les élèves sont ici dans leur propre logique. L'enseignant se trouve moins sollicité et ne court plus entre les différents groupes. Enfin, nous n'avons pas observé de problèmes au niveau de l'utilisation du logiciel, les élèves passant d'une balise à une autre sans aucune difficulté.

des élèves
dans leur propre
logique

7. CONCLUSION

Le développement des activités de projet en micro-robotique pédagogique et de l'application *RoboTeach* avait été principalement effectué dans le contexte de formation professionnelle avec des stages d'une durée minimum d'une semaine. Cette durée permettait de mettre en place des activités progressives notamment de TP de prise en main du matériel de micro-robotique et du logiciel. Au bout de deux jours maximum, les stagiaires pouvaient se lancer sur un projet sans difficultés particulières. La structuration des activités dans *RoboTeach* en étapes de cours, TP et projet convenait parfaitement. La transposition de la démarche de projet et de l'application n'a pas pu se faire directement dans le contexte de l'enseignement de la technologie, les contraintes d'enseignement et de

une démarche
balisée pour...

programme étant très fortes. Cela nous a donc amené à mettre au point une démarche balisée de réalisation de micro-robot et à adapter l'application *RoboTeach* pour qu'elle puisse supporter les activités des apprenants dans cette démarche.

...fixer un cadre minimum de travail...

En conclusion, nous pensons avoir atteint notre objectif qui était de mettre en œuvre des situations d'apprentissage en micro-robotique qui impliquent les élèves de collège dans les activités d'apprentissage en technologie de l'unité intitulée « *pilotage par un ordinateur* » en 5^e et du domaine « *automatismes pilotés par ordinateur* » en 3^e. La démarche balisée de réalisation de micro-robot nous semble être une approche pertinente pour mettre en place de telles situations d'apprentissage. Elle est motivante et stimulante pour les élèves comme pour l'enseignant. Pour les élèves, elle leur permet d'adhérer complètement au projet puisqu'ils construisent leur propre système tout au long des séances prévues et sans sensation d'aller à l'aventure puisqu'ils connaissent dès le départ les balises à atteindre. Pour les enseignants, elle permet de fixer un cadre minimum de travail et de découvrir les capacités d'adaptation et de création des élèves face à des situations problèmes.

...et découvrir les capacités d'adaptation et de création des élèves

Par ces travaux menés dans le cadre d'une équipe associée INRP sur trois ans, nous pensons avoir montré tout l'intérêt de notre démarche de recherche-développement itérative et surtout participative fondée sur l'étude d'un EIAH issu de la recherche. Grâce à l'utilisation prolongée en classe de l'EIAH par les enseignants, il a été possible d'identifier des problèmes qui ont été précisés lors d'expérimentations plus ciblées. Une remise en cause de la pratique pédagogique a permis de définir une démarche plus en adéquation avec les contraintes de terrain et des modifications de l'EIAH en correspondance avec la nouvelle démarche. Nous voyons bien là les incidences réciproques entre l'évolution de la démarche et l'adaptation de l'EIAH comme support aux activités de la démarche. Grâce à cette expérience, nous espérons avoir montré les avantages de s'engager en recherche dans une logique d'enrichissement mutuel entre les disciplines qui s'intéressent aux apprentissages et à l'informatique.

Pascal Leroux
Laboratoire d'informatique de l'université du
Maine (LIUM) – EA 4023
Pascal.Leroux@univ-lemans.fr

BIBLIOGRAPHIE

ANDREUCCI, C. (2000). Si le plan est connu d'avance peut-on encore parler de projet ? In *Cahiers de la recherche et du développement, Actes du colloque Marseille 1999 : Le projet en éducation technologique*. Marseille : IUFM de l'académie d'Aix-Marseille. p. 11-20.

BEDART-NAJI, É. (1995). *Quelques problèmes posés par les apprentissages en Technologie*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, université Paris 5, Paris.

BORDERON, A. (1999). Informatique à distance et travail coopératif : une transformation des apprentissages et du métier d'enseignant. In *Deuxièmes entretiens internationaux sur l'enseignement à distance*. Poitiers : CNED. p. 327-336.

BRUILLARD, É. & VIVET, M. (1994). Concevoir des EIAO pour des situations scolaires : approche méthodologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 14, n° 1.2, p. 275-304.

CAPARROS-MENCACCI, N. (2000). Le travail en projets peut-il être compris dans la résolution de problème ? In *Cahiers de la recherche et du développement, Actes du colloque Marseille 1999 : Le projet en éducation technologique*. Marseille : IUFM de l'académie d'Aix-Marseille. p. 29-42.

CRINDAL, A. (1996). Caractériser les figures de la démarche de projet en technologie. *Aster*, n° 23, p. 61-86.

CUSHING, S. & KESLEY, B. (2000). Les savoirs sur les savoir-faire. In *Cahiers de la recherche et du développement, Actes du colloque Marseille 1999 : Le projet en éducation technologique*. Marseille : IUFM de l'académie d'Aix-Marseille. p. 55-64.

DELOFFRE, R., LAMARRE, P.-A., PELTIER, P., CHIELENS, P. & DUQUENNE-HOUEZ, C. (2001). Les pratiques de réalisation dans l'enseignement de la technologie au collège. In *Rapport de recherche INRP (1998-2001) sur le thème « Les activités de production dans les enseignements technologiques de l'école obligatoire »*. IUFM Nord Pas de Calais.

DENIS, B. & VILLETTE, A.-J. (1997). Trois expériences de Robotique Pédagogique. In P. Nonnon & M. Vivet (Éds.). *Robotique Pédagogique, Actes du cinquième Colloque International sur la Robotique Pédagogique*. Montréal : université de Montréal. p. 13-43.

DUPIN, J.-J., GINESTIE, J., MARTINAND, J.-L., TYRCHAM, G. & VERILLON, P. (2000). Le projet en éducation technologique : esquisse d'une synthèse des travaux du colloque. In *Cahiers de la recherche et du développement, Actes du colloque Marseille 1999 : Le projet en éducation technologique*. Marseille : IUFM de l'académie d'Aix-Marseille. p. 147-163.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE (1999). *Programmes et accompagnement*. BO, n° 1999.

GEORGE, C. (1983). *Apprendre par l'action*. Paris : PUF.

GINESTIÉ, J. (2000). Contribution à la constitution de faits didactiques en éducation technologique. In *Cahiers de la recherche et du développement, Actes du colloque Marseille 1999 : Le projet en éducation technologique*. Marseille : IUFM de l'académie d'Aix-Marseille. p. 167-184.

LEGRAND, L. (1986). Pédagogie de projet, projet technique. *Bulletin de l'Association des Enseignants Activités Technologiques (AEAT)*, n° 65.

LEROUX, P. (1995). *Conception et réalisation d'un système coopératif d'apprentissage – Étude d'une double coopération : maître/ordinateur et ordinateur/groupe d'apprenants*. Thèse de doctorat en Informatique, université Paris 6, Paris.

LEROUX, P. (1996). Intégration du pilotage de micro-robots pédagogiques à un environnement de programmation. In *Actes de la Cinquième Rencontre Francophone sur la Didactique de l'Informatique*. Paris : EPI. p. 183-194.

LEROUX, P. (1996). Intégration du contrôle d'objets réels dans un hypermédia. In É. Bruillard & J.-M. Baldner (Éds.). *Hypermédiats et Apprentissages 3, Actes des troisièmes journées scientifiques*. Paris : INRP. p. 237-244.

LEROUX, P. (2002). *Machines partenaires des apprenants et des enseignants : étude dans le cadre d'environnements supports de projets pédagogiques*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, spécialité Informatique, université du Maine, Le Mans.

LEROUX, P., MONFLIER, J.-L., GUYON, S., JAMBU, M. & CLAPERA, M. (2002). *Rapport final de la recherche INRP sur le thème « Les activités de production dans les enseignements technologiques de l'école obligatoire »*. Le Mans : université du Maine.

LUTZ, L. (2000). Interrelations des projets pédagogique et technologique. In *Cahiers de la recherche et du développement, Actes du colloque Marseille 1999 : Le projet en éducation technologique*. Marseille : IUFM de l'académie d'Aix-Marseille. p. 99-110.

MEIRIEU, P. (1987). *Apprendre... oui, mais comment*. Paris : ESF.

PAPERT, S. (1981). *Jaillissement de l'esprit*. Paris : Flammarion.

PROJETS MARSEILLE (2000). *Cahiers de la recherche et du développement, Actes du colloque Marseille 1999 : Le projet en éducation technologique*. Marseille : IUFM de l'académie d'Aix-Marseille.

RAK, I., TEIXIDO, C., FAVIER, J. & CAZENAUD, M. (1990). *La démarche de projet industriel*. Paris : Foucher.

VERMERSCH, P. (1980). Analyse de la tâche et fonctionnement cognitif dans la programmation de l'enseignement. *Bulletin de psychologie*, t. XXXIII, n° 343, p. 179-187.

WEILL-FASSINA, A. (1980). Guidage et planification de l'action par les aides au travail. *Bulletin de psychologie*, t. XXXIII, n° 344, p. 343-348.

CARACTÉRISTIQUES DES ACTIVITÉS DE PRODUCTION EN TECHNOLOGIE AU COLLÈGE

Guy Manneux

En France, la technologie, en tant que discipline d'enseignement général au collège, a toujours proposé des activités de réalisation. Celles-ci se concrétisent par la mise en œuvre par les élèves d'activités techniques de transformation de matières d'œuvres en vue de l'obtention de résultats, tangibles ou intangibles.

L'enquête présentée décrit et analyse les dispositifs de production en milieu scolaire (éléments du curriculum réel) en appui sur ce que les élèves perçoivent de leur propre activité dans ces dispositifs et dont ils peuvent parler (curriculum vécu) et sur ce que les enseignants conçoivent et conduisent comme séances scolaires (curriculum possible). Sont alors précisées les caractéristiques des dispositifs et les motifs d'existence de celles-ci. En regard de celles-ci de nouvelles hypothèses de travail pour caractériser plus finement les dispositifs didactiques seront formulées.

Dans le cadre de la recherche « *Activités de production à l'école obligatoire : approches psychologique et didactique* », nous présentons ici un travail de recherche centré sur la caractérisation des situations de production en technologie au collège. Ce travail est restreint à l'approche didactique de situations scolaires de production. Il s'appuie sur des observations de séances d'enseignement conduites sur chacun des niveaux du collège. Les données sont co-construites avec les acteurs, tant élèves qu'enseignants. L'analyse complémentaire et croisée des points de vue des deux types d'acteurs nous permet de mettre en évidence les caractéristiques des dispositifs de production en milieu scolaire. Ces dernières sont relatives au développement des dispositifs et à leur conception par les enseignants. Pour conclure, la mise en rapport des résultats avec les hypothèses et les questions qui précisaient notre recherche nous permet d'émettre de nouvelles hypothèses de travail.

1. INTRODUCTION

Cet article ne développe qu'une partie des résultats relatifs à un des axes de la recherche intitulée : « *Activités de production à l'école obligatoire : approches psychologique et didactique* » (INRP, 1998-2001). Il s'agit plus particulièrement des résultats de l'axe de la recherche consacrée à « *la caractérisation des situations de production en technologie au collège* » (Manneux, 2004). Cet axe a une visée essentiellement descriptive des dispositifs de production en milieu scolaire qui se développent

décrire
les dispositifs
de production...

...et
les caractéristiques
en jeu

dans le cadre de l'enseignement de la technologie. Il dégage les caractéristiques qui sont en jeu lors du développement de ces dispositifs. Au-delà de la formalisation de ces caractéristiques, il vise aussi à expliciter les motifs d'existence de celles-ci. Cette recherche porte sur la période qui correspond à la seconde phase d'existence de l'enseignement de la technologie : elle s'applique à la période 1996-2000, qui coïncide avec la mise en place progressive de nouvelles instructions officielles pour cet enseignement sur l'ensemble du collège en France.

Après l'exposé de la problématique et les indications relatives à la méthodologie particulière développée, ce texte présente les résultats relatifs aux tâches et à l'activité technique des élèves, aux rôles techniques et sociaux assumés par les élèves et l'enseignant, au contexte technique et social de développement du dispositif ainsi qu'à la structure et à la dynamique de l'organisation nécessaires au développement du dispositif de production. Sont ensuite analysées les raisons pour lesquelles ce sont ces caractéristiques qui sont en jeu dans ce développement. Pour terminer sont dégagées les nouvelles hypothèses de travail relatives au développement des dispositifs de production donnant lieu à la fabrication d'objets.

2. COMMENT RENDRE COMPTE DES ACTIVITÉS DE PRODUCTION D'OBJETS ?

2.1. Les activités de production d'objets sont peu questionnées par la recherche

la réalisation
sur projet...

Les programmes contemporains (MEN, 1996 et MENRT, 1998), de la technologie proposent deux types de séquences d'enseignement : « *unités et réalisations sur projet* », dont les logiques propres correspondent à deux visées éducatives distinctes. Pour les réalisations sur projet « *ce qui est éducatif, c'est la réalisation elle-même, l'investissement complet qu'elle suppose à la fois intellectuel, émotif et pratique* » (Martinand, 1998). Dans une analyse des programmes contemporains de la discipline Lebeaume et Martinand (1998) précisent que la cohérence des réalisations sur projet, est fondée sur les visées éducatives de cet enseignement et les références aux pratiques socio-techniques : « *les entreprises et leurs activités pratiques qui vont être prises comme sources d'inspiration pour les activités scolaires et comme termes de comparaison pour ces activités* » (Martinand, 1998). Les *activités* (1) d'élèves

(1) Quand le terme « activité » est noté en italique (*activité*), il s'agit d'une reprise du mot tel qu'il est noté dans les instructions officielles relatives à l'enseignement de la Technologie.

(tâches) préconisées par les programmes de la discipline dans le cadre des réalisations sur projet, s'inscrivent dans cette cohérence.

Notre travail de recherche, relatif au curriculum réel, concerne les *réalisations* sur projet présentées dans le curriculum formel des trois cycles du collège.

La recherche s'est déjà intéressée à ce type de réalisations. Crindal (2001) rend compte des démarches de projet présentes dans les curriculum prescrit et réel en technologie. Pour s'affranchir du modèle unique – « *la démarche de projet industriel* » (Rak, Teixido, Favier & Cazenaud, 1992) – et des conditions historiques d'émergence et d'existence et de la diversité des réalités répondant au terme de « *projet* », un outil d'analyse appelé « *figure* » a été élaboré.

...un processus,
trois moments...

Cet outil d'analyse « *met en synergie les caractéristiques des points de vue (les postures des acteurs), celles du contexte (les milieux environnant le projet) et celles du processus (le développement du projet)* » (Crindal, 2003). Les caractéristiques du processus rendent compte de trois moments (l'intention, la décision et l'exécution) et de la manière dont ils s'enchaînent (la structure). Malgré les différentes figures de démarches élaborées pour chacun des niveaux d'enseignement du collège, la permanence du moment d'exécution comme élément du processus mis en œuvre par les élèves est avérée.

Ce sont les activités relevant de ce moment d'exécution qui sont au cœur de notre investigation puisque ce sont elles qui donnent lieu à résultats sous forme de produit ou de « *produit service* » (Bancel-Charensol & Jougleux, 1997), tangibles ou intangibles. La production de services dans le cadre de la technologie a fait l'objet d'un travail spécifique de caractérisation (Lande, 2004), seules les activités de production de biens matériels parmi les activités de réalisations sur projet sont abordées ici.

Crindal (2001) a aussi montré qu'à propos des réalisations sur projet les enseignants accordent une place importante au moment d'exécution parmi les moments du processus envisagé. Ce constat a été fait dans différentes académies et à tous les niveaux d'enseignement du collège.

Des travaux antérieurs (Laurent, 1996) avaient déjà souligné l'importance du moment d'exécution à propos des pratiques d'enseignement en mécanique au collège. Ils avaient déjà mis en évidence que le cadre d'activité privilégié était celui du projet de réalisation prenant « *l'allure [...] d'une fin en soi* ».

...dont un
d'exécution

Ceci nous conduit à affirmer que l'importance accordée par les enseignants de technologie au processus dans les démarches de projet se retrouve dans les formes nouvelles de réalisation sur projet préconisées par les programmes actuels.

Les activités des élèves significatives du processus dans le cadre des réalisations sur projet n'ont pas été abordées de façon plus précise par d'autres travaux de recherche. La

des groupements
d'élèves
indépendants
de la production

recherche intitulée « *Discipline scolaire et prise en charge de l'hétérogénéité, pratiques enseignantes en technologie au collège* » a fourni quelques renseignements qui éclairent les activités de réalisation sur projet (Lebeaume, 1999). Elle portait sur l'étude des modalités d'adaptation à la diversité des publics et des contextes dans les pratiques. Les modes de regroupement des élèves constituent une part de ces modalités d'adaptation en « *équipes, ateliers tournants, groupes de travail et groupes d'aide* » comme les désignent les enseignants. Ces modalités fortement contrastées sont argumentées par des intentions de socialisation mais aussi des exigences d'instruction ; l'individualisation et les groupes d'aide sont tout autant cités comme moyens de re-médiation.

Ceci nous conduit à considérer qu'une part au moins des formes de regroupement humain dans les activités de mise en œuvre du processus du monde scolaire, n'est pas liée à des considérations internes à ce processus.

l'activité
manifestation
de la tâche
effective

Quelles que soient les formes de regroupements humains, nous analysons les situations de production réellement mises en œuvre à travers les activités qui s'y développent. Les programmes bien que les nommant *activités*, préconisent des tâches pour les élèves. L'activité développée par l'acteur est la manifestation de la tâche effective. L'activité en situation de travail interrogée sous l'angle de la psychologie ergonomique traite du phénomène de traduction d'une tâche en activité (Leplat, 1997). Il renvoie à la distinction qu'ont effectuée Leplat et Hoc (1983) entre tâche et activité. Cette distinction a été reprise par Durand (1996), dans le domaine de l'éducation. Ce dernier caractérise l'activité comme le comportement physique et mental que l'acteur met en œuvre pour réaliser la tâche. Les analyses qui sont conduites dans le domaine du travail et le domaine de l'éducation, introduisent trois pôles sur lesquels se construit la traduction : l'agent, la tâche qui lui est allouée (tâche prescrite) et l'activité de l'agent (tâche effective).

En classe, dans les situations réelles sur lesquelles portent notre recherche, l'agent ne peut pas être considéré comme unique. Les statuts respectifs qu'occupent élèves et enseignant font l'objet d'une nécessaire distinction des tâches qui leurs sont respectivement attribuées. Mais plus que la tâche qui est attribuée à chacun des types d'acteurs c'est la place qu'occupe cette tâche qui est en jeu dans l'analyse comparative du curriculum réel avec le curriculum formel.

la tâche des élèves
est prescrite...

En effet le prescripteur de la tâche assignée à l'élève est l'enseignant. Ceci confère à l'enseignant la définition de la tâche pour l'élève en fonction des instructions officielles et, particulièrement en technologie, en fonction des *activités* prescrites relativement à chacun des trois cycles du collège. La tâche prescrite par l'enseignant de technologie est le résultat d'une construction. Au-delà des instructions officielles cette construction s'élabore aussi à partir de divers manuels

...par l'enseignant

scolaires et, sur la toile, de près de 500 sites, (officiels pour certains – site du ministère et sites des différentes académies, personnels pour d'autres) et des ressources didactiques réalisées par les entreprises fournisseurs de matériels pour cet enseignement. Mais il les prescrit aussi en fonction de la connaissance des milieux humain et matériel dans lesquels elles deviendront des tâches effectives. Pour tenir compte de ces multiples influences, nous émettons l'hypothèse que la formulation des tâches prescrites aux élèves constitue l'interface principale entre le curriculum formel et le curriculum réel.

2.2. Analyse de l'activité dans les situations scolaires

activités réalisatrices...

Le modèle d'éducation technologique par les « *activités réalisatrices* » a été retenu pour répondre aux missions de l'enseignement de la technologie au collège (Martinand, 2003). En effet, les propositions de la COPRET 1 : « [...] *ce qui s'apprend et se construit au cours d'activité de projet est du domaine de la méthode, poser un problème de façon ouverte, documenter une question, balayer un champ hétérogène de données, [...] prévoir l'incertain, [...] gérer le temps, [...] il est clair que le temps du projet n'est pas celui des apprentissages de contenus structurés [...]* » et de la COPRET 2 « [...] *toute activité technique est une démarche où se conjuguent [...], une intention humaine [...], une réalité physique[...] éclairée par un ensemble de savoirs [...], une volonté d'utilisation au service de l'intention première[...]* » comme résultat d'une réflexion fondatrice d'une éducation technologique en France le préconisait à propos des activités de projet.

...plutôt que résolution de problèmes

Cependant, Martinand (2000) relevait, que le principe de la réalisation sur projet était peu tenu, les réalisations devenant une succession de problèmes prévus à l'avance. Ce constat de contradiction entre principe et réalité nous engage à ne pas assimiler *a priori* les activités potentielles des situations de production en technologie au collège à une série de problèmes techniques construits pour des pratiques scolaires. Pour lever toute ambiguïté sur le sens des activités sur lesquelles notre recherche se focalise nous les nommons, à partir de maintenant *dispositifs de production en milieu scolaire*.

• *Activité de l'enseignant*

Interrogée sous l'angle de la tâche effective, l'activité de l'enseignant se concrétise aussi dans le déroulement de la classe. Certains des modèles et méthodes empruntés à la psychologie ergonomique ont été utilisés dans le champ éducatif (RFP, 2002). Leur utilisation a été validée pour analyser les pratiques des acteurs. Dans ce cadre, l'activité quotidienne des enseignants en classe a été analysée. Elle apparaît comme une activité non pas structurée par un but

l'enseignant...

ultime, comme les finalités éducatives, mais comme « *une activité régulatrice de l'immédiat, structurée par des objectifs qui ont été définis localement en fonction des éléments saillants perçus au cours de la situation* » (Casalfoire, 2002).

Les travaux de recherche centrés sur l'activité des enseignants introduisent deux approches complémentaires : l'activité développée lors du déroulement des séquences d'enseignement apprentissage d'une part et le travail de construction des activités scolaires d'autre part.

Centrés sur l'analyse de l'activité développée en classe les travaux de Gauthier (1997) et Tardif et Lessard (1999) ont montré que l'activité de l'enseignant est soumise à des contraintes qui l'orientent partiellement. Ces contraintes sont perceptibles à l'échelle de la classe, comme à tous les autres niveaux du système scolaire.

Ces travaux de recherche n'ont pas repéré ces contraintes spécifiquement à un champ disciplinaire qui s'appuie sur le développement de dispositifs de production. Pour l'enseignement de la technologie nous ferons nôtre cette analyse de l'activité enseignante. À l'échelle de la classe nous prendrons donc le contexte social de celle-ci au nombre des contraintes auxquelles l'enseignant est soumis. La spécificité du contexte relatif aux *activités* prescrites en technologie nécessite cependant l'élargissement de la notion de contexte au contexte matériel spécifique nécessaire et caractéristique de dispositifs de production.

...conçoit
des activités
sous influence...

Les contraintes qui pèsent sur le travail de construction des activités scolaires pour la classe doivent aussi être reconsidérées au regard de la particularité de ces dispositifs et des finalités éducatives assignées à l'enseignement de la technologie. Pour l'enseignement de la technologie, les finalités éducatives prescrites au niveau institutionnel intègrent sous différentes formes des éléments empruntés à des références relatives au monde de la production industrielle. Le contexte matériel spécifique fait aussi l'objet de prescription pour l'enseignement de la technologie (MEN, 1996). L'enseignant de technologie est donc susceptible d'intégrer aussi ces différentes contraintes dans la phase de préparation de ses séances.

Le processus de construction des activités scolaires a fait l'objet d'un travail relatif à l'éducation technologique (Martinand, 1989, 2001). La notion de *composition sous influence*, avancée à cette occasion, élargit la notion de transposition didactique à une prise en compte d'influences allant au-delà des pratiques socio-techniques de référence industrielles. Ces influences ont des origines multiples (institutionnelles, sociales, politiques, idéologiques, pédagogiques, etc.). À l'occasion d'une recherche relative à l'activité des enseignants d'éducation physique et sportive, Musard (2003) a montré la multiplicité de ces influences. Pour le corps social des enseignants de technologie, des pratiques de formalisation de projets pédagogiques – travaillés et élaborés au niveau régional

...conduit
des activités
de production...

ou local – constituent un *habitus* pour des prévisions très formelles de planification des activités pédagogiques (2) dont le champ d'influences est multiple. Compte tenu de ces différents résultats d'analyse de l'activité enseignante nous formulons l'hypothèse que l'enseignant de technologie est soumis à un champ de contraintes spécifique à la définition et au contexte de développement de la discipline en lien avec les contraintes locales d'enseignement-apprentissage.

Pour aborder les pratiques des enseignants dans la conduite des activités des *acteurs-élèves* nous nous référons à l'approche de Durand (1996, 1998). Il envisage l'activité de l'enseignant en classe comme une activité régulatrice de l'instant donné, résultant de deux comportements : l'un, pédagogique, relatif à la gestion de l'ordre dans la classe et l'autre, didactique, relatif à la gestion de la matière à enseigner. Cinq variables organisatrices de l'activité enseignante dans la classe sont considérées pour caractériser les situations dans lesquelles elles sont en jeu : l'ordre dans la classe, l'intérêt que les élèves nourrissent pour ce qui se fait en classe, l'engagement actif des élèves dans le travail scolaire, l'apprentissage et le développement global de l'élève (Durand, 1996, 1998). L'analyse de l'activité des enseignants de technologie relativement à la gestion de la matière à enseigner supporte l'hypothèse de l'application de ces variables organisatrices à l'enseignement de la discipline et *a fortiori* à la régulation des dispositifs de production en milieu scolaire.

...et y participe

Dans la situation scolaire visée, l'enseignant intervient **sur** et **dans** cette organisation à plusieurs moments. Quand il intervient comme agent dans le dispositif de production en milieu scolaire, il nous paraît intéressant de lui attribuer le qualificatif d'*acteur-professeur*. Acteur, puisqu'il évolue comme les élèves dans l'organisation mise en place et qu'il est partie prenante de son évolution et de sa dynamique. Ceci le distingue de tous les autres cas, lorsque sa fonction de professeur est mise en jeu où nous continuerons de le nommer enseignant.

• *Activité de l'élève*

Quand il s'agit d'analyser et de caractériser l'activité de l'élève, « *la trilogie, activité, langage et objet* » que propose Ginestié (1999) comme une référence sérieuse « *aux enseignements technologiques* » doit être examinée de manière particulière quand il s'agit de l'analyse d'activités de production. En effet, les deux formes d'explication de l'activité humaine utilisées par Aristote, analysées par Ginestié, invitent à reconsidérer la relation entre activité et langage dans les activités de production.

(2) Voir à ce sujet les articles des publications de Montlignon, les sujets de CAPET et les revues d'associations de spécialistes.

La *praxis* peut supporter l'hypothèse de l'existence d'une articulation forte entre l'activité orientée vers une fin et un langage, comme le fait Ginestié.

l'activité de l'élève :
praxis
et *poièsis*...

La *poièsis*, activité fabricatrice qui transforme des choses en artefacts pour usage et consommation, autre forme de l'activité humaine pour Aristote, nous semble aussi pertinente quand nous nous intéressons à l'activité de production. Cette forme d'activité humaine peut être considérée comme technique dans la mesure où elle vise aussi à fournir une réponse à la question « *comment c'est fait* » au regard de l'objet produit. L'objet apparaît alors comme le « *produit d'un système de production* » qui en est à l'origine (Deforge, 1990, 1993 et 1995).

Compte tenu de la distinction opérée par Aristote entre les deux formes de l'activité humaine, nous formulons l'hypothèse que l'existence d'une relation entre activité orientée vers une fin (l'obtention d'un objet) sans recours à un langage de description de cette même activité constitue aussi une référence pertinente pour analyser les activités des élèves à l'instar de la *praxis*.

Les textes officiels traduisent la mission d'approche du monde technicisé en décrivant des *activités* possibles qui font expressément référence à une logique de réalisation. Dans les situations de production du monde économique, « *les savoirs mobilisés dans l'action* » (Manneux, 1997) ont une place essentielle dans l'analyse des situations de travail productif, que ce soit d'un point de vue individuel ou d'un point de vue collectif.

Une des finalités de la technologie au collège est de « *confronte[r] l'élève à des situations concrètes, en tant qu'acteur mettant en œuvre des savoir-faire en vue de réalisation* ». Le cadre de ces réalisations est défini à l'image de « *l'organisation de l'entreprise et de ses pratiques* », les responsabilités étant partagées entre les membres des groupes et le rôle de chacun défini. À l'instar des situations de travail productif du monde économique, nous formulons l'hypothèse que des relations socio-techniques s'établissent entre les différents acteurs et se développent dans ces formes souhaitées, et que des compétences sont en jeu tant dans la prise de responsabilité que dans la tenue des rôles assumés.

...scolaire
et productive
à la fois

Les élèves impliqués dans les *dispositifs de production en milieu scolaire* en technologie au collège développent des pratiques qui sont la conséquence d'une double injonction : pratiques scolaires – pratiques productives.

Pour conserver la possibilité de prendre en compte le travail des adolescents, en réponse à cette double inscription des pratiques nous avons décidé d'utiliser le terme, *acteurs-élèves*. Ce terme permet de prendre en compte les attitudes qu'ils prennent dans les pratiques commandées par les résultats et de ne pas ignorer celles qui sont commandées par le statut social d'élève.

2.3. Du point de vue des organisations productives

action
collective...

Les textes relatifs à la technologie de 1996, préconisent différents modes de regroupement d'élèves. Ils proposent des situations d'action collective. Nous considérerons ces modes de regroupement comme des éléments significatifs des organisations. Toutefois le lien, prévu dans les textes prescripteurs, entre pratiques scolaires et pratiques d'un monde socio-technique externe, exige de prendre aussi en compte la production en milieu scolaire sous l'angle des organisations présentes dans le monde du travail.

• *Dynamique de l'organisation productive*

Nous garderons à l'esprit le double sens du terme organisation attribué par Friedberg (1972) et Crozier et Friedberg (1977) : à la fois un état et une dynamique.

Si l'état de l'organisation renvoie à la structure et aux circuits d'échanges qu'elle comporte, « *la dynamique renvoie aux processus par lesquels les individus ajustent leurs comportements et coordonnent leurs conduites dans la poursuite d'une action collective* ».

Compte tenu du fait que l'action collective est suggérée dans les instructions officielles, nous estimons qu'elle se traduira dans les pratiques de la classe et que les conduites et comportements des *acteurs-élèves* qui y sont engagés seront moteurs dans la dynamique de l'organisation.

• *Traits significatifs des organisations productives*

...dans
une organisation
humaine

Pour juger de la pertinence qu'il y aurait à assimiler les groupements scolaires à des organisations structurant les activités de production, nous considérons les traits distinctifs proposés par Friedberg (1993) pour différencier les organisations d'autres groupes humains.

Le premier trait qu'il propose pour caractériser une organisation est l'existence d'une mission spécifique à accomplir. Si l'idée de mission spécifique est utilisée dans le sens de but, la réalisation d'un produit est le but intrinsèque de toute situation de production. Le cadre prescrit de la discipline ne laisse planer aucun doute concernant l'existence de ce type de mission spécifique.

Le deuxième trait distinctif d'une organisation réside dans une division des tâches en fonctions spécialisées. Les prescriptions relatives à l'enseignement de la technologie proposent la répartition de tâches différentes et complémentaires.

La présence d'une hiérarchie, troisième trait distinctif, nous paraît avérée du fait du statut social occupé par l'enseignant.

Le quatrième trait distinctif est l'existence de règles formelles de fonctionnement. Le cadre fourni par les textes prescripteurs de cet enseignement est très peu explicite concernant des règles de fonctionnement, internes à la discipline. Les

seules règles formelles explicites afférentes au fonctionnement de la discipline technologie résident dans l'articulation avec les autres disciplines et avec le temps scolaire, cette dernière expression étant prise dans le sens que lui attribue Compère (1997). Nous considérons que certaines de ces règles formelles se retrouvent à l'intérieur de la discipline technologie.

2.4. Relation entre les activités scolaires et les pratiques socio-techniques hors école

la notion
de pratique sociale
de référence ...

Nous postulons que le développement des dispositifs de production en milieu scolaire en technologie est la résultante du jeu des acteurs *in situ* et la préparation effectuée en amont par l'enseignant. Les *dispositifs de production en milieu scolaire* en technologie au collège se définissent à la confluence des normes provenant de la prescription, de l'organisation fournie par la préparation de l'enseignant et de l'implication des acteurs dans les activités. Il nous paraît indispensable de prendre en compte chacun de ces facteurs tout en n'ignorant pas leur interdépendance. Cette volonté est aussi guidée par l'intention de ne pas réduire les *dispositifs de production en milieu scolaire* en technologie à des îlots d'activités indépendantes des autres activités constitutives de cet enseignement.

La notion de référence permet de questionner les relations et les hypothèses relatives à l'activité de l'élève et de l'enseignant.

Le prescrit relatif aux *dispositifs de production en milieu scolaire* situe ceux-ci à la fois comme pratiques scolaires et comme pratiques de production. Des pratiques de production puisqu'il s'agit de proposer aux élèves des « *activités à l'image de l'organisation de l'entreprise et de ses pratiques [...]* dont la relation avec les activités didactiques n'est pas d'identité, il y a seulement terme de comparaison » (MENRT, 1998). Et des pratiques scolaires qui sont signifiées par la forme des *activités* : « *L'enseignement de la technologie confronte l'élève à des situations concrètes, en tant qu'acteur mettant en œuvre des savoir-faire en vue de réalisations* ». (BOEN, 1997).

...pour étudier
la relation...

Cette double spécificité des pratiques est contenue dans la notion de pratiques sociales de référence (Martinand, 1985) :

« *Ce sont des activités objectives de transformation d'un donné naturel ou humain* » : c'est postuler que les tâches prescrites se traduisent en actions techniques mettant en œuvre des matériels techniques et mobilisant des technicités ; c'est explicitement ce qu'il est attendu des activités constitutives des *dispositifs de production en milieu scolaire*.

« *Elles concernent l'ensemble d'un secteur social, et non des rôles individuels* » : bien que le secteur social de l'École ne soit pas assimilable au secteur social de la production ni à aucune de ses branches en particulier, il est souvent fait état d'organisations, de rôles, de structures qui sont autant de dimensions référencées au secteur social de la « production » dans les formes scolaires proposées.

« *La relation avec les activités didactiques n'est pas d'identité, il y a seulement terme de comparaison* » : malgré la distinction énoncée par les textes officiels entre pratiques scolaires et pratiques externes au monde de l'École, l'idée de « *relation* » entre ce que l'élève fait et ce que le monde du travail offre comme modèles de pratiques est porteuse de constructions intellectuelles potentielles en terme de comparaison.

...entre
activités scolaires
et pratiques
hors l'école

Les précisions que Martinand (2001) apporte récemment sur les raisons qui l'ont conduit à développer le concept de pratiques sociales de référence en renforcent la validité comme cadre d'analyse pertinent des situations auxquelles nous nous intéressons ; dans l'ensemble des raisons exprimées, nous reprenons celles qui donnent une plus grande intelligibilité à notre cadre d'analyse :

- « *prendre en compte non seulement les savoirs en jeu, mais aussi les objets, les instruments, les problèmes et les tâches, les contextes et les rôles sociaux d'où le terme de pratique ;*
- *penser et analyser les écarts entre activités scolaires et pratiques prises pour référence ;*
- *faire apparaître les choix de pratiques de référence, leur sens politique et en tout cas social ;*
- *comprendre les conditions de cohérence des activités scolaires entre tâches, instruments, savoirs et rôles ;*
- *penser les tendances permanentes de l'école à l'autoréférence et les conditions pour s'y opposer. »*

2.5. Principales questions de recherche

Compte tenu des cadrages précédemment posés nous soulignons ce qui délimite notre objet de recherche.

Les caractéristiques seront relatives au contexte des pratiques, aux pratiques des acteurs, à l'organisation des pratiques et à la relation entre pratiques scolaires et pratiques de production externes au monde scolaire.

sur le contexte
et la pratique
des acteurs

En ce qui concerne le contexte des pratiques, il s'agit de déterminer quelles sont les caractéristiques du contexte dans lequel les acteurs sont amenés à évoluer, et quelle est la part d'influence du contexte sur le développement des dispositifs de production en milieu scolaire.

Puis, pour chaque contexte donné il s'agira de s'interroger pour déterminer :

- les caractéristiques qui sont prises en compte dans la répartition des tâches en vue de leur exécution (nous retrouverons plus particulièrement ce qui est déterminé dans le curriculum possible, au sens où il correspond à une adaptation-traduction du curriculum formel au contexte dans lequel il va se développer) ;
- les éléments constitutifs du monde technicisé les acteurs rencontrent-ils dans la mise en œuvre de leurs activités (nous retrouverons plus particulièrement ce qui est déterminé dans le curriculum réel) ;

sur l'organisation
de la pratique...

...et les relations
avec des pratiques
hors l'école

- les paramètres des milieux techniques et humains sur lesquels les acteurs s'appuient pour ajuster leurs comportements et coordonner leurs conduites.

Nous déclinerons cette question non seulement pour les élèves mais aussi pour l'enseignant en nous demandant quelle est la nature des activités mises en œuvre par l'adulte quand il prend part au travail productif en tant qu'*acteur-professeur* et quels sont les registres de technicité convoqués et les compétences que les acteurs mettent en jeu ou structurent dans le développement des dispositifs vécus.

Nous pouvons décliner l'ensemble de ces premières questions en les mettant en relation avec les problèmes qui proviennent de l'organisation donnée à la production. Ceci nous conduit à nous interroger sur ses rôles techniques et sociaux et sur les relations de travail qui existent entre les acteurs.

- Quels sont les rôles assumés par les acteurs ? Quelles sont les relations qu'ils admettent entre eux ?
- Sur quels critères les règles formelles de fonctionnement à l'œuvre dans les dispositifs de production en milieu scolaire sont-elles élaborées, comment sont-elles vécues ?
- Sur quelles modalités structurelles et dynamiques de l'organisation les acteurs ont-ils prise pour mener à bien la mission à accomplir (réaliser un produit)?
- Comment, parmi les acteurs des dispositifs de production en milieu scolaire, les hiérarchies et les statuts qui sont dévolus au rôle de chacun s'élaborent-ils, se vivent-ils et évoluent-ils ?

Chacune des questions précédentes peut être lue au travers d'une confrontation entre dispositifs de production en milieu scolaire et dispositifs de production de l'industrie et des services qui devraient constituer des références à ces pratiques. Ceci nous conduit à interroger les dispositifs sur deux points :

- Peut-on constater des dispositifs de production en milieu scolaire dont l'auto-référencement scolaire conduit à masquer tout lien avec des pratiques référencées ?
- Quels types de relations les acteurs construisent-ils entre les dispositifs de production vécus et ceux du monde du travail productif ?

3. UNE MÉTHODE SINGULIÈRE POUR OBSERVER, DÉCRIRE ET INTERPRÉTER LES PRATIQUES DES ACTEURS DANS LA CLASSE

Puisque c'est dans l'action que le travail réel est perceptible, nous avons décidé, pour nous en éloigner le moins possible, d'appliquer une méthode qui privilégie l'investigation du terrain où se déroule cette action. Nous pressentons qu'en comparant plusieurs enquêtes de cette nature, nous pourrions *a posteriori* construire progressivement, sinon une typologie,

au moins des traits significatifs des *dispositifs de production en milieu scolaire* observés et ainsi apporter des éléments de réponse aux questions que nous nous sommes posées.

Parain (1975) nous rappelle qu'il n'y a pas d'activité technique qui puisse échapper à l'influence des phénomènes sociaux : « *un processus de production est la combinaison des rapports techniques et des rapports sociaux* ».

quatre pôles
de questionnement...

Les faits construits à partir de l'observation *in situ* d'élèves engagés dans des *dispositifs de production en milieu scolaire*, dans le contexte de la classe sous la conduite d'un enseignant nous renseignent à la fois sur la pratique des acteurs et sur l'organisation dans laquelle ils évoluent. La norme scolaire fait que chaque élève est investi d'une mission explicite, répondant à une division des tâches, dans un cadre de règles formelles de fonctionnement, en présence d'un individu au rôle social bien repéré (l'enseignant) ; au sens de Friedberg (1972), nous pouvons affirmer qu'il s'agit d'une tâche de production.

Pour les dispositifs de production en milieu scolaire qui nous intéressent, il s'agit de décrire la mise en œuvre des tâches prescrites (*activités*), les organisations qui la supportent, les rôles techniques et sociaux et les savoirs et compétences mobilisés dans l'action par les acteurs.

Nous constatons qu'aucune des méthodologies conduites précédemment dans les recherches en technologie ne permet l'identification et la caractérisation simultanée de ces quatre pôles répondant à nos volontés d'investigation. De plus, aucune ne permet d'analyser simultanément l'activité des élèves et de l'enseignant à propos de séquences identiques.

La recherche d'une méthode efficace pour décrire le travail humain a été poursuivie dans le monde du travail hors l'École. Les champs de l'analyse ergonomique, psychologique et sociologique du travail sont porteurs de méthodologies potentiellement adaptées à nos besoins.

...nécessitant
la mise au point
d'une méthode...

La méthodologie « *d'autoconfrontation* » développée par Clot (1997, 1999) au laboratoire clinique de l'activité du CNAM, dont nous avons eu connaissance au début de notre travail, nous a paru potentiellement adaptée à notre préoccupation. Cependant cette approche fournit une compréhension du réel de l'activité essentiellement dans le cadre d'activités de travail en grande partie individuel. Étant susceptible de nous retrouver, dans le cadre scolaire, dans des situations d'activité en équipe nous avons testé cette méthodologie la première année de notre travail dans une situation de production en classe. Elle nous fournissait suffisamment d'informations sur les interactions sociales qui font partie de nos préoccupations.

Cet essai nous a aussi amené à élaborer progressivement un protocole d'observation et d'autoconfrontation. L'objectif était limité à une co-construction des faits. Il n'avait pas pour

but de modifier l'implication des élèves dans leur propre travail par une autoanalyse de leurs pratiques. La méthodologie, au départ empruntée, puis adaptée à notre investigation s'est avérée efficace non seulement dans l'approche du travail de l'individu, mais aussi dans la mise en évidence des interactions entre individus.

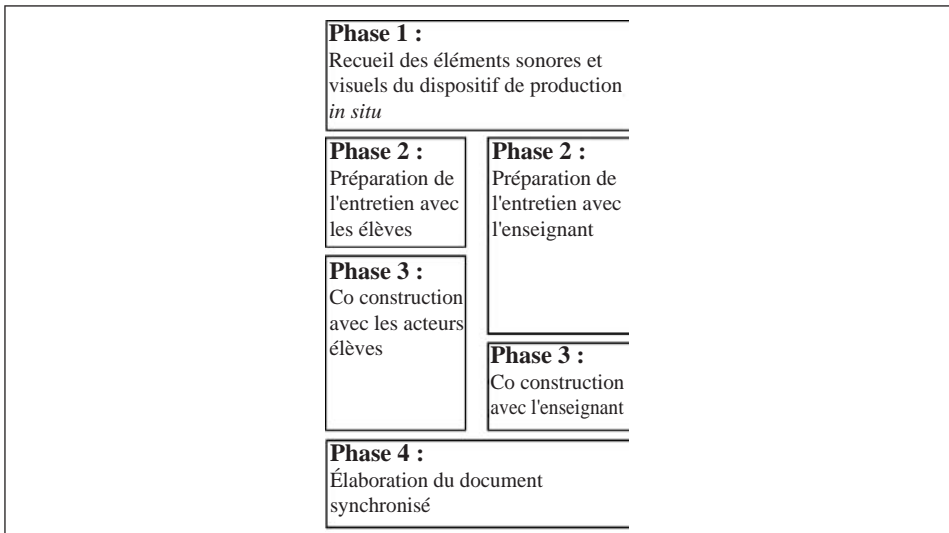
Enfin ce choix nous a permis d'associer les acteurs de la séquence concernée à la construction des faits qui trop souvent ne présentent pas une matérialité observable suffisante.

3.1. Protocole d'observation et d'autoconfrontation

Le schéma 1 rend compte de la procédure que nous avons stabilisée. Elle présente quatre phases principales : la phase de recueil des éléments visuels et sonores des dispositifs de production en milieu scolaire *in situ*, suivie de la phase de préparation de l'entretien, la phase de co-construction des faits proprement dite qui associe les acteurs et, enfin, la phase d'élaboration du document final support de l'analyse.

...donnant un document d'analyse

Schéma 1. Phases de la procédure



La méthodologie utilisée fait apparaître une prise en compte séparée des élèves et de l'enseignant, au-delà de la phase de recueil des éléments visuels et sonores des dispositifs de production en milieu scolaire *in situ*.

• Phase 1 : Recueil des éléments visuels et sonores des dispositifs de production en milieu scolaire *in situ*

La phase de recueil des éléments visuels et sonores des dispositifs de production en milieu scolaire *in situ* a pour objectif de

filmer les acteurs
in situ

recueillir les actions des individus et des collectifs, leurs images, les commentaires qui y sont associés, ainsi que les événements extérieurs qui interviennent sur le déroulement.

Pour un groupe d'élèves travaillant sur une tâche collective prescrite c'est le suivi de la dimension collective qui est privilégié. Lors de déplacements de certains membres du groupe le choix effectué par le preneur de vues de suivre telle ou telle personne ou partie du groupe fixe les limites du recueil de données.

Pour une tâche individuelle, seul l'individu porteur de cette tâche sera suivi en permanence. Les données recueillies relativement aux relations sociales sont alors celles, tissées au hasard des rencontres de l'acteur.

Puisque c'est le suivi des *acteurs-élèves* qui est privilégié, l'enseignant n'est pris en compte qu'aux moments où il apparaît dans le champ de la caméra et intervient dans le déroulement de la séquence qui enregistre les évolutions des *acteurs-élèves*.

• Phase 2 : Phase de préparation de l'entretien

...laisser passer
du temps...

Cette phase permet de décaler dans le temps la phase de co-construction par rapport à la phase de recueil des éléments visuels et sonores des dispositifs de production en milieu scolaire *in situ*. Elle autorise au chercheur enquêteur une lecture préalable au cours de laquelle il effectue une pré-indexation de la bande vidéo facilitant la préparation de la phase de co-construction des faits.

Pour les *acteurs-élèves* cette phase dure six jours au maximum. Ce laps de temps permet, d'une part, d'éviter « les réactions à chaud » trop instinctives et insuffisamment distancées tandis que d'autre part les « souvenirs » sont encore présents dans la mémoire des acteurs. De plus, ils ne sont pas perturbés par le déroulement d'une autre séquence de technologie ayant eu lieu entre temps.

Pour le professeur, un délai supérieur à un mois est observé. Au-delà de la volonté d'éviter « les réactions à chaud » cette décision est essentiellement guidée par le souhait de ne pas perturber la progressivité de son dispositif de cours ni la chronologie des séances qu'il avait prévue.

• Phase 3 : Phase de co-construction des faits

Le premier objectif de la phase de co-construction des faits est d'apporter un éclairage des *acteurs-élèves* et de leurs collègues de travail sur la séquence filmée et de rendre compréhensibles des moments qui ne le sont pas – ou qui ne le seraient pas de la même façon – pour un observateur extérieur.

...recueillir
la parole
des acteurs...

Le second objectif de cette phase est d'apporter un éclairage de l'« *acteur-professeur* » sur la séquence filmée, particulièrement sur ses interventions – nature, raisons, rôles assumés... – et de rendre lisibles des moments qui ne le sont pas, ou qui ne le

seraient pas de la même façon, pour un observateur extérieur. Par ailleurs, cet éclairage permet d'identifier les buts et les objectifs qu'il poursuivait ainsi que les modalités organisationnelles qu'il préconisait ou qu'il souhaitait voir suivre par les élèves. Sur ces derniers points, le recueil ne peut être exhaustif puisque nous ne travaillons pas sur les traces porteuses de cette conception préalable.

Les modalités pratiques relatives à cette phase sont les suivantes.

Pour les élèves, cette phase se déroule dans un autre lieu que celui où a été enregistrée la séance. Elle regroupe le(s) enquêteur(s) de la première phase, les *acteurs-élèves* de la séquence filmée et éventuellement un ou deux autres élèves de la même classe, volontaires et autorisés à être présents par les *acteurs-élèves*. Le professeur ne participe pas à cette phase.

Le film est projeté aux élèves qui peuvent à tout moment commenter, demander d'arrêter la projection, demander à revoir une séquence, un plan. Nous nous sommes aussi donnés le droit d'arrêter la projection ou de repasser une séquence ou un plan, mais en nous interdisant tout commentaire. L'ensemble des échanges fait l'objet d'un enregistrement sonore.

Pour la phase de co-construction avec l'enseignant, le professeur, éventuellement un(e) de ses collègues et l'enquêteur sont regroupés devant un téléviseur dans un lieu qui n'est pas celui où a été enregistrée la séquence. Cette dernière disposition a pour seul but de favoriser le recours à des désignations verbales de lieux ou de dispositifs qui risqueraient d'être désignés corporellement si cette phase de co-construction se déroulait sur les lieux de l'action.

• Phase 4 : Mise en forme du document pour analyse

...formaliser
les données...

Les traitements des supports d'enregistrement permettent d'élaborer un document écrit final mettant en correspondance :

- La description de ce que montre le document filmé (dispositifs présents et utilisés, déplacements des acteurs, comportements des acteurs...).
- Les paroles prononcées par les acteurs lors du recueil *in situ* (dialogues, réflexions à haute voix, apostrophe à l'encontre d'autrui...).
- Les paroles prononcées par des individus visuellement externes aux scènes filmées et qui provoquent ou modifient des attitudes ou des comportements chez le(s) acteur(s) filmé(s).
- Les commentaires obtenus lors de la phase d'auto-confrontation de la part des élèves et de celle du professeur.

Cette méthodologie a été mise en œuvre sur des terrains volontairement sélectionnés comme très différents tant du

...sur quatre
terrains différents

point de vue des dispositifs mis en œuvre et de la nature du travail prescrit que du point de vue de la variété de la population des acteurs. Elle a été conduite dans les quatre classes de chacun des niveaux du collège, en faisant intervenir quatre enseignants développant *a priori* des stratégies pédagogiques différentes.

Le travail prescrit pour la séance en classe de sixième prenait place dans la partie du programme intitulée « *mise en forme des matériaux* ». Pour les deux classes du cycle central le travail en classe de cinquième appartenait au scénario « *production sérielle à partir d'un prototype* » et pour la classe de quatrième au scénario « *essai et amélioration d'un prototype* ». Pour la classe de troisième, il s'agissait d'un travail entrant dans le cadre de l'étape intitulée « *production de la réalisation sur projet* ».

3.2. Limites de la mise en œuvre d'une telle méthodologie

La façon dont l'observation *in situ* a été conduite privilégie une lecture diachronique du système, les seuls éléments synchrones pouvant être pris en compte sont uniquement basés sur le relevé sonore et la présence éventuelle d'autres acteurs dans le champ de la caméra. L'absence d'une plus grande prise en compte du synchronisme dans ces situations pourrait poser problème si nos hypothèses de travail étaient relatives à l'existence d'un système de production en milieu scolaire. La place des interactions synchrones qui s'y développent (Wageman & Percier, 1995) nourrissant alors en grande partie l'analyse.

lecture
diachronique
des faits

Le choix de la juxtaposition d'analyses relatives à quatre études de terrain portant sur des séances brèves appartenant à des séquences souvent débutées en amont et se terminant en aval de notre présence pourrait nous donner une image très parcelaire de ce que sont réellement les activités des acteurs. Les enseignants de ces séances nous ont clairement situé ces séances comme relevant de la production. Pour cette seule raison ces études limitées nous semblent pouvoir apporter réponse à notre problème rapporté aux hypothèses que nous avons posées et aux questions que nous avons formulées.

Quand les acteurs coopèrent et sont amenés à s'éloigner physiquement les uns des autres ils ne peuvent plus être tous conservés dans le champ de prise de vue de la caméra. Ceux que nous avons choisi de suivre avec la caméra ne sont pas nécessairement ceux qui apportent le plus à l'analyse de la situation. Pour minimiser les conséquences d'un recueil filmique matériellement limité, dans la phase de décryptage de la bande vidéo, nous nous sommes efforcés de repérer des moments de cette nature afin de questionner *acteurs-élèves* et *acteurs-enseignants* sur ce point.

3.3. Deux niveaux d'analyse des discours des acteurs sur les activités réelles

L'analyse des activités développées par les acteurs sur le terrain est conduite sur deux niveaux.

analyse simple
et analyses croisées

Le premier porte sur le discours produit par les *acteurs-élèves* sur leur propre activité ou celles de leurs pairs. La confrontation du discours avec la description des actes visibles ou invisibles sur la vidéo a pour double but de mettre en évidence la partie cachée de l'activité et d'argumenter la partie visible de cette activité.

Ce premier niveau d'analyse porte aussi sur le discours produit par le professeur. Il porte à la fois sur son activité d'*acteur-professeur* durant le déroulement de la séance, et sur ses intentions d'enseignant qu'il avait en proposant ce type de tâche aux élèves. L'analyse vise ici à mettre au jour la nature des interventions et le pourquoi de celles-ci dans le vécu de la classe. Elle a aussi pour but de préciser ce qui, des séances amont ou aval et du travail de conception prévisionnel s'est retrouvé pris en compte ou non, dans la séance observée.

Le second niveau d'analyse porte sur les moments ayant appelé un commentaire des deux types d'acteurs. La recherche de points de vue convergents, opposés ou en décalage à propos des mêmes activités est ici recherchée.

4. CARACTÉRISTIQUES DES DISPOSITIFS DE PRODUCTION EN MILIEU SCOLAIRE

principaux traits
caractéristiques
des dispositifs

Les deux niveaux d'analyse des discours des acteurs nous ont permis de mettre en évidence les traits caractéristiques de leur activité, comment celle-ci intervient sur et dans l'organisation des dispositifs de production et quels sont les rapports qu'ils établissent entre cette activité et le contexte dans lequel elle se développe.

Nous présenterons d'abord les caractéristiques du cadre matériel dans lequel les dispositifs se développent en milieu scolaire. Ensuite viendront les présentations des points de vue de chacun des deux types d'acteurs, enseignant et élève, qui constituent l'essentiel des caractéristiques relativement à l'activité développée dans les dispositifs de production.

4.1. Cadre matériel de développement des dispositifs de production

L'analyse des quatre *dispositifs de production en milieu scolaire* montre qu'ils se développent dans un contexte technique particulier. Celui-ci est constitué d'une multiplicité de matériels techniques et d'une série de documents dont

pour produire
en classe...

l'ensemble est communément nommé « *dossier technique* » par les enseignants. C'est la façon dont est perçu cet ensemble par les *acteurs-élèves* qui constitue une première caractéristique des *dispositifs de production en milieu scolaire*.

• **Des matériels techniques très variés**

À l'échelle d'une séance, les matériels techniques dédiés par construction à la production sont, sans conteste, mis majoritairement en œuvre par les *acteurs-élèves* en réponse à la réalisation de tâches prescrites par l'enseignant. Les matériels techniques utiles à la mise en œuvre font dans ce cas partie intégrante de la définition de la tâche prescrite.

...tout type
de matériel
est utilisé...

D'autres activités d'élèves, correspondant à la réalisation de tâches de production prescrites, sont matérialisées par la mise en œuvre de matériels qui ne sont pas destinés par construction à la production.

D'autres encore, dont la prescription n'exige rien de particulier concernant leur localisation, se traduisent par des pratiques « vagabondes » à l'intérieur de la salle. Pour ces deux derniers cas c'est dans le déroulement de l'activité que les *acteurs-élèves* mobilisent les matériels techniques indispensables à l'avancement de leurs travaux. Au nombre de ceux-ci figure le mobilier scolaire habituellement rencontré dans d'autres disciplines (tables d'écolier, chaises, bureau...). Le fait que des activités de production soient développées par les élèves sur différents types de matériels et en différents lieux de la salle où se déroule la séance constitue une caractéristique essentielle du cadre matériel du *dispositif de production en milieu scolaire*.

• **Le dossier technique : élément particulier du cadre matériel**

...dont
des documents
techniques

Dans chacun des cas analysés il existe donc un dossier technique. Il est constitué d'un ensemble de documents mis à disposition des *acteurs-élèves* durant tout le temps des activités. Au-delà de la nature des documents qu'il comporte, ce sont les usages qu'en souhaitent les enseignants qui lui confèrent une place spécifique dans le contexte technique.

L'enseignant de la classe de troisième décrit son contenu et l'usage qu'il en souhaite :

« Donc [...] dans le dossier il y avait différentes pièces à faire hein, différentes pièces et bon il y avait un certain nombre de consignes par rapport aux pièces donc là visiblement ce qu'elle fait c'est qu'elle essaie de retrouver. Elle va avoir à usiner le capot là. Donc elle cherche les infos relatives à l'usinage du capot [...] Donc voilà, là elle a la gamme de fabrication de... de... de, enfin l'ensemble, puis, dedans, il y a la gamme de fabrication. Voilà la gamme de fabrication de la pièce à réaliser voilà ce qui était à obtenir. »

L'enseignante de la classe de sixième fait de même :

« Ils ont des documents, ils avaient des schémas, des schémas cotés de l'objet et plusieurs schémas qui concernaient la fabrication.
 [...] Et là je pense qu'ils travaillaient sur le schéma coté et sur, à la fois aussi, sur la première partie que je leur donne avec la nomenclature et la représentation en perspective de l'objet. Là comme on parlait du velcro, je pense que c'est sur ce document là qu'elles devaient regarder la position du velcro, du système de fermeture.
 [...] Là ils travaillent plutôt sur le dessin en perspective qui montre, euh, comment dire, une idée globale de l'objet mais qui ne donne pas de précisions. Le schéma coté c'était le... ils ont travaillé pour le dessiner une autre fois. »
 Oui, oui, là elles avaient... ce ne sont pas des documents que je leur ai distribués pour la séquence. »

Les enseignantes des deux autres classes tiennent des propos de même nature.

C'est essentiellement parce qu'il comporte des documents techniques relatifs à la production (gammes de fabrication, procédures de mise en œuvre de matériels techniques, représentations graphiques des pièces ou ensemble à obtenir etc.) que les enseignants lui accordent cette valeur.

4.2. Caractéristiques du développement de l'activité de production : point de vue de l'enseignant

• Deux rôles : planificateur de production et contrôleur

La position hiérarchique de l'enseignant liée à son statut pourrait être à l'origine des évolutions des *dispositifs de production* c'est très rarement le cas. C'est très majoritairement à travers les rôles techniques et sociaux qu'il se donne et assume que l'enseignant contribue à faire évoluer les dispositifs au fil du déroulement des séances.

deux rôles
techniques
et sociaux...

Ce sont deux rôles assumés par l'enseignant, qui sont essentiellement source d'évolution des dispositifs de production. Ce sont les rôles que nous avons appelés « *planificateur de production* » et « *contrôleur* ».

Quand l'enseignant est planificateur de production, dans la phase de développement du dispositif de production, son rôle consiste à réguler l'organisation temporelle et spatiale des activités des élèves en référence à une planification potentielle prévue. Celle qu'il avait lui-même élaborée en jouant ce même rôle dans la phase de conception de la situation initiale de production. Par exemple :

Mme Pivot :	[À destination d'un élève qui la sollicite au passage] <i>Tu peux commencer oui.</i> [À destination d'un autre ? (OK) élève qui la sollicite au passage] <i>Alors toi tu peux aller finir.</i>
Sonia :	<i>Moi aussi madame</i>
Mme Pivot :	<i>Oui, oui, vous aviez vérifié, tu peux aller percer.</i>

Ce rôle dans sa phase de régulation s'exerce au cours de la séance pour tenir compte des aléas techniques et des vitesses d'avancement de chacun des élèves – aléas pédagogiques –.

Quand l'enseignant est contrôleur son rôle se traduit par l'exercice d'un droit de regard sur les activités des élèves au cours du déroulement de ceux-ci.

...assumés
sans partage

Ce rôle est le rôle majoritairement assumé par l'enseignant au cours du déroulement des activités. Le droit de regard s'exerce avec deux finalités différentes. La première est fondée sur l'évaluation de l'activité de chaque élève. Elle consiste à repérer les écarts entre l'activité réellement mise en œuvre et la tâche prescrite. La seconde finalité a pour but d'évaluer la vitesse de déroulement des activités afin d'en ajuster le déroulement. Par exemple :

Chercheur :	<i>Tu passes de poste en poste informatique, qu'est ce que tu fais quand tu passes dans des moments comme ça ?</i>
Enseignant :	<i>Ben, je contrôle sans les stresser parce que si on est derrière ils deviennent incapables de faire des choses. Je contrôle le respect des consignes, l'avancement du travail, euh c'est aussi pour me donner une idée de la rapidité des enfants par rapport au travail demandé.</i>

Ces deux rôles sont des rôles que l'enseignant s'autoassigne et ce dernier rôle est celui qu'il assume majoritairement durant une séance. Mais comme il l'exerce sur l'ensemble des activités se déroulant dans la classe et à destination de tout le groupe classe, c'est de façon sporadique qu'il s'exerce sur le travail d'un élève en particulier. Bien que peu nombreuses à destination de chacun des élèves, les interventions de l'enseignant lorsqu'il assume ces rôles ont à chaque fois des conséquences sur le développement de leurs activités.

• Des interventions liées à des circonstances particulières

dispositif
modifié par...

Hors de l'exercice de ces deux rôles repérables, l'enseignant intervient d'autres manières sur le développement du dispositif de production. Ces interventions naissent des circonstances rencontrées dans le déroulement de la séance scolaire. Ces circonstances agissent comme éléments déclencheurs dans la prise en considération par l'enseignant de caractères individuels attribués à chaque élève. Une enseignante nous décrit ce type de circonstance spécifique à l'usage des machines :

« Être autonome devant une machine alors on sait pertinemment que ce n'est pas toujours possible. Il y a des filles qui ne le disent pas là mais qui le disent après ou qui se confient à toi. Elles ont eu très peur elles ne sont pas encore allées le faire et elles vont attendre qu'il y ait quelques cours qui passent pour ben au dernier moment dire "j'ai pas pu le faire !" Pourquoi ? "Ben madame j'ai toujours peur". Bon il y a ce problème là. Donc là on va les mettre à deux alors qu'on a dit "ben non il faut travailler à un", ben on va quand même autoriser à travailler à deux »

...la prise
d'indicateurs
in vivo

Au-delà de la peur, comme inhibition repérée sur la mise en œuvre de tel ou tel type de machine ou d'outil, les difficultés à travailler en groupe ou au contraire, les facilités offertes par le travail à plusieurs, voire la volonté de valoriser l'élève aux yeux des autres, sont des indicateurs sur lesquels s'appuient les enseignants pour modifier le développement des dispositifs. Ces modifications affectent l'organisation de la pratique par la mise en place par l'enseignant de situations d'entraide pour lever les inhibitions de certains élèves face aux matériels techniques utilisés et par la modification des modes de regroupement des élèves (passage d'activités individuelles à une activité collective temporaire ou l'inverse).

Qu'elles aient des origines liées aux nécessités de production ou la prise en compte des éléments de connaissance relatifs aux élèves, les raisons des interventions des enseignants restent connues d'eux seuls.

• *L'enseignant parfois agent de production*

L'enseignant assume parfois le rôle d'agent de production, au sens où il conduit une activité de transformation de la matière d'œuvre pour obtenir des résultats. Les raisons essentielles pour lesquelles il est amené à jouer ce rôle sont peu nombreuses.

La première raison est la dangerosité affirmée ou supposée de certaines activités techniques. Les élèves acceptent ce fait :

Chercheur :	<i>Tu te souviens de ce que t'allais faire au bureau avec ta trousse ?</i>
Élève :	<i>Oui pour mettre le velcro.</i>
Chercheur :	<i>Pour mettre le velcro ! D'accord. Et pourquoi il fallait aller au bureau pour mettre le velcro ?</i>
Élève :	<i>Parce qu'elle nous donnait de la colle, de la super glu, et c'est trop euh, c'est trop euh. C'est une tâche que c'est le professeur qui...</i>
Chercheur :	<i>C'est de la colle forte !</i>
Élève :	<i>...C'était trop dangereux !</i>

La seconde raison est liée à la mobilisation de registres de technicité différents de ceux possédés par les *acteurs-élèves* et jugés nécessaires, par lui-même ou les *acteurs-élèves*, à la mise en œuvre de matériels techniques ou de procédures.

4.3. Caractéristiques du développement de l'activité de production : point de vue de l'élève

élève : agent
de production

Pour des activités relatives à la production le rôle d'agent de production au même sens que défini pour l'enseignant, est le rôle principal assumé par les *acteurs-élèves*.

Dans les *dispositifs de production en milieu scolaire* analysés, nous pouvons affirmer que le rôle d'agent de production occupe l'essentiel du temps d'activité des *acteurs-élèves*. Les conditions dans lesquelles ce rôle se développe fournissent plusieurs niveaux de lecture qui favorisent une approche plus fine de ses caractéristiques.

La perception qu'ont les élèves des visées qui sous tendent la transformation de la matière d'œuvre, les catégories de matériels techniques mis en œuvre et les compétences des acteurs en jeu dans l'action sont les éléments essentiels qui conditionnent les caractéristiques du rôle d'agent de production. L'analyse des dispositifs de production a montré qu'au-delà de ces caractéristiques inhérentes à l'action de transformation de la matière d'œuvre c'est le contexte dans lequel ce rôle se développe qui est prépondérant dans sa caractérisation.

• **Pratiques de substitution au dossier technique**

Les élèves développent le rôle d'agent de production en réglant leurs activités sur le cadre temporel imposé par la durée de la séance. Aucun autre repère temporel n'est utilisé même de façon indirecte en mettant en rapport les capacités de production avec une date de sortie des produits. Il n'est pas non plus pris en compte une mise en rapport de l'évolution des activités avec un plan prévisionnel de production. (3)

Dans ce cadre temporel l'élève cherche toujours à répondre aux besoins qui naissent de la volonté de faire avancer cette action. Les manières dont celui-ci peut trouver réponse à ses besoins quels qu'ils soient caractérisent plus précisément le dispositif de production.

En effet s'offrent à l'élève différentes possibilités :

Il invente des pratiques de substitution à la consultation du dossier technique bien que ce dossier soit constitué pour partie par des documents réalisés par les soins des élèves lors d'activités antérieures. Ces activités sont relatives à des tâches nécessaires au développement du projet technique en cours. Ce que signifie par exemple l'enseignante de la classe de quatrième :

pour ne pas
consulter
le dossier
technique...

Enseignante :	<i>Le schéma coté c'était le... ils ont travaillé pour le dessiner une autre fois. [...]</i>
Chercheur :	<i>Cela veut dire que les filles que l'on voit là ont été amenées à le réaliser le dessin ?</i>
Enseignante :	<i>Oui, oui</i>

À travers cet exemple il apparaît que les élèves semblent ne pas établir de lien entre l'activité présente et d'autres activités complémentaires nécessaires à l'obtention d'un produit. Dans ce cas l'absence de mise en relation de certains documents du dossier technique avec des activités antérieures rend ce dernier peu opérationnel alors qu'il est prévu par l'enseignant pour cela. Nous avons vu qu'aux yeux de ce

(3) Dans l'industrie il consiste à rapprocher le plan prévisionnel des ventes, les objectifs de stock, de niveau de service, avec les capacités de production.

...l'élève
sollicite
l'enseignant

dernier il constitue un des éléments important et caractéristique du cadre technique de production.

Parmi les pratiques de substitution à la consultation du dossier technique nombre d'entre elles se traduisent par des sollicitations adressées à l'enseignant.

Celui-ci intervient dans le déroulement des activités techniques mises en œuvre à propos des procédures ou des manipulations nécessaires à la mise en œuvre des matériels techniques.

Il s'appuie sur des compétences acquises pour aider les élèves à progresser dans le déroulement de son activité. Cela est particulièrement repérable dans l'échange entre l'enseignante et les élèves, qui suit un incident qui s'est produit lors du pliage d'une pièce sur une thermoplieuse (plieuse à matière plastique). La pièce a été éjectée au relevage du tablier :

Mme Kervella :	<i>Oui peut-être, peut-être qu'il n'a pas assez serré, peut-être qu'il y a un autre problème alors on va réfléchir deux secondes tous ensemble, regardez avec moi, qu'est-ce qu'il y a eu là ?</i>
Florent :	<i>C'est trop petit</i>
Mme Kervella :	<i>Très bien bonne observation, on a une pièce,... elle est un peu petite, il se trouve que cette machine est très peu adaptée aux petites pièces.</i>
Raphaël :	<i>Faut aller là-bas [il montre l'autre thermoplieuse]</i>
Mme Kervella :	<i>À partir de maintenant on va dire que tous les élèves qui ont la deuxième pièce à plier ne la plieront pas ici. On va réserver cette machine uniquement à la pièce numéro un. Tu vas être le premier à vouloir plier la pièce numéro deux. Donc la pièce numéro deux, on la fera pas ici. On a un petit problème d'adaptation</i>

C'est aussi aux manières dont les élèves perçoivent la fonction de l'enseignant qu'est liée l'évolution des dispositifs de production. C'est le cas quand les élèves font appel à lui comme élément du cadre dans lequel se développent les dispositifs de production. Il est alors, au même titre que les autres éléments du milieu technique, porteur d'informations qui sont relatives aux matières d'œuvre travaillées, aux matériels techniques utilisés, aux organisations, aux procédures et procédés... Parce qu'annoncé comme tel ou considéré comme porteur d'informations potentiellement utiles au travail prévu, l'enseignant sollicité se retrouve alors à assumer un rôle de ressource.

• **Stratégies d'évitement pour ne pas assumer le rôle d'agent de production**

refuser un rôle...

Les élèves développent des tactiques et des stratégies d'évitement qui sont lisibles dans le refus d'assumer le rôle d'agent de production. Ces tactiques et ces stratégies constituent des traits significatifs de son activité qu'il est impossible d'ignorer pour caractériser les *dispositifs de production en milieu scolaire*. Les tactiques d'évitement sont essentiellement opportunistes et naissent des circonstances. Par exemple

...en profitant
des circonstances

l'acceptation de l'aide spontanée apportée par un pair ou par l'enseignant, non repoussée, peut aller jusqu'à l'abandon de l'activité au pourvoyeur d'aide.

Dans les cas d'activités individuelles nécessitant l'usage de matériels techniques de production, une stratégie d'évitement consiste à laisser la priorité de passage sur le poste concerné aux pairs qui s'y présentent. Les stratégies d'évitement quand elles se développent dans un groupe constitué s'appuient sur une répartition des tâches fondée sur les relations de pouvoir qui s'établissent dans le groupe. La position de *leader* prise par un des membres du groupe lui sert à ne pas occuper le rôle d'agent de production.

• **Entraide**

accepter
de l'aide d'un pair...

Les us et coutumes établis dans la classe sur des rapports sociaux indépendants du dispositif de production conditionnent aussi pour une part non négligeable la façon dont évoluent les dispositifs.

Les cas d'entraide effective entre élèves sont présents à de nombreux moments dans les quatre études conduites sur les dispositifs. Ces entraides se manifestent sous différentes formes.

L'entraide peut se caractériser par l'aide verbale des élèves à destination d'un de leurs pairs développant une activité devant eux. Ils accompagnent les gestes de l'acteur par des mots de validation ou de questionnement. Cette forme d'aide se manifeste aussi par des réponses constituées uniquement de gestes. Ces gestes ponctuent l'activité sans intervenir directement dans le déroulement du travail en cours. Ces gestes peuvent être codifiés. Ils se substituent, comme dans la vie courante, au langage parlé.

D'autres gestes servent à pointer des emplacements particuliers sur des documents ou des matériels techniques et ceci paraît apporter une aide suffisante à l'élève porteur de la demande. Un exemple nous est fourni par les protagonistes de la classe de quatrième, Amalia et Bastien, qui développent leurs activités sur deux postes informatiques contigus, la description de la scène illustrant des réponses non verbales en atteste.

Amalia :	[Se penche vers Bastien et le sollicite à voix basse (inaudible) en pointant un emplacement sur son propre écran.]
Bastien :	[Avance la tête vers son écran puis la tourne vers celui d'Amalia]
Amalia :	[Remontre un emplacement sur son écran en le questionnant]. <i>Dis moi où c'est ?</i>
Bastien :	[Pointe un emplacement sur l'écran d'Amalia sans répondre et reste le regard dirigé vers l'écran d'Amalia qui y réalise quelque chose].

L'intervention d'un autre élève, pour « prêter la main », constitue la seconde forme repérée de manifestation de l'entraide. Une illustration est fournie en classe de cinquième.

Arneb :	[Se redresse sur sa chaise et avance le buste vers l'élève situé à sa droite et en avant d'elle elle le sollicite verbalement en lui tendant sa trousse et lui indique où la tenir].
Arneb :	<i>Tu tiens là ?</i> [L'élève sollicité se lève et saisit la trousse d'Arneb à l'endroit indiqué par elle. Il appuie la trousse sur la table et Arneb à l'aide de son crayon trace d'un petit mouvement circulaire sur sa trousse. Arneb tire la trousse à elle].
Arneb :	<i>Ça y est ! Merci !</i>

Dans ce cas l'entraide naît de la sollicitation directe de l'élève qui se retrouve dans l'impossibilité de réaliser l'activité pour concrétiser la tâche demandée.

...solliciter
l'aide d'un pair...

Mais elle naît aussi à la vue des difficultés rencontrées par un élève lors de l'usage d'un matériel technique. Un pair lui propose alors spontanément son aide allant parfois même jusqu'à l'imposer. L'exemple commenté par les élèves de sixième en atteste :

Chercheur :	<i>Ah ! Florent il a fait quelque chose.</i>
Florent :	<i>J'ai même pas eu le temps, j'ai même pas eu le temps [rires des enfants].</i>
Un autre élève :	<i>T'as même pas eu le temps de l'éteindre.</i>
Florent :	<i>À mon avis, j'savais même pas qui fallait éteindre.</i>
Chercheur :	<i>Tu savais pas où t'as pas eu le temps ?</i>
Un autre élève :	<i>Il savait pas.</i>
Florent :	<i>Eh euh j'sais, j'sais, j'savais pas et puis j'ai même pas eu l'idée de d'éteindre.</i>
Chercheur :	<i>T'as même pas eu l'idée d'éteindre ?</i>
Florent :	<i>Et lui, il l'a fait donc j'ai même pas eu besoin !</i>

La forme d'entraide qui consiste à « prêter la main » prend corps lorsque des activités techniques sont jugées impossibles à réaliser par l'élève seul et indispensables à l'avancement des travaux.

...sous différentes
formes...

Quand les formes d'entraides repérées répondent à des sollicitations d'un élève qui en exprime le besoin en s'adressant oralement à un de ses pairs en particulier, le mécanisme en jeu est parfaitement repérable. Il s'apparente à un jeu de question réponse dont la partie réponse n'est pas toujours de l'ordre du verbal.

Quand il s'agit d'une réponse spontanée et volontaire d'un autre élève, les mécanismes de questionnement en jeu, sont moins facilement repérables. Ils viennent en réponse à plusieurs types de comportements de l'élève demandeur.

Il peut s'agir d'un commentaire à voix haute portant sur sa propre activité d'élève. Des sollicitations associent gestes et paroles, les gestes sont alors là pour désigner sur le matériel technique utilisé un emplacement auquel se réfère la partie verbale de la question.

Des gestes ou des comportements physiques muets, au sens où ils ne sont adressés à personne en particulier : par exemple un mouvement de tête d'un des protagonistes dirigeant son

regard vers le matériel technique utilisé par son voisin, peuvent être interprétés par celui-ci comme une question.

L'entraide, sous ces différentes formes, fait partie des caractéristiques des quatre *dispositifs de production en milieu scolaire*. Elle vient en réponse à des demandes formulées et adressées ou à des comportements interprétés comme des demandes.

...c'est autoriser dans certaines limites

Le recours à l'aide d'un pair n'est jamais condamné ni interdit, il est même parfois implicitement admis par les enseignants, voire encouragé avec cependant des limites posées. Cela nous a par exemple été précisé par l'enseignante de la classe de cinquième :

Chercheur :	<i>Alors là elle a des problèmes, la seconde a des problèmes avec son poinçon et les morceaux qui restent coincés dedans. Elle va solliciter une autre, elle ne vient pas te solliciter. C'est une situation qui arrive souvent ?</i>
Enseignante :	<i>Euh... oui, oui cela arrive [...] Oui quand je le vois, souvent je leur dis de venir me voir... Mais ça c'est... souvent, ils ont des conseils qui ne sont pas forcément adaptés, donnés par le voisin ! [...] En général c'est ce que je leur répète assez souvent que lorsqu'il y a un problème de venir me voir. Mais ce n'est pas si évident justement on a l'impression que ce n'est pas quelque chose qui passe ! [...] Pourquoi je ne sais pas ils n'ont peut-être pas envie de se retrouver en situation d'échec face au prof, je ne sais pas quand ils ont un problème, je ne sais pas si ça, joue. C'est peut-être plus facile de demander à un copain.</i>

• **Ne rien faire**

Un rôle acceptant cette dénomination peut paraître incongru mais il est présent, même si c'est de façon très sporadique, dans toutes les études conduites sur les dispositifs.

Ce rôle consiste pour l'élève à ne rien faire, en apparence. Deux cas de figure attachés à cette attitude passive lui donnent son statut de rôle.

une attitude parfois efficace

Ne rien faire à côté d'un poste de travail ou d'un matériel technique, utilisé par un autre élève en attendant qu'il devienne disponible est un premier cas de figure. Un élève questionné sur cette situation : « *Et là le fait d'attendre après eux pardon et là le fait d'attendre après l'autre ça ah ça t'as appris des choses en plus sur la machine ?* » répond : « *Euh, m'oui, bah j'ai un peu regardé comment on faisait pour la minuterie* ».

Cela donne à cette attitude un intérêt puisque cela fournit à l'élève « en attente » la possibilité de profiter de la situation pour acquérir des éléments qu'il réinvestira dans son travail par la suite.

L'autre cas de figure est l'attente d'une autorisation de l'enseignant pour démarrer une activité. Ce cas donne une autre dimension à cette attitude qui devient alors peu différenciable de ce qu'il peut être dans une autre discipline scolaire et lui confère un statut de rôle qui prend tout son sens dans le contexte scolaire.

• *Compétences mobilisées*

L'analyse conduite a montré que les compétences mobilisées dans l'action se construisent sur des connaissances antérieures et des acquis constitués dans l'action de façon interdépendante.

freins à
la mobilisation

Les acquis antérieurs des élèves constituent parfois un obstacle à la construction de la compétence nécessaire à l'action sur des matériels techniques dédiés à la production. Quand ceci se produit, c'est le changement de contexte, de celui d'acquisition à celui de mobilisation de l'acquis dans une pratique technique, qui est en cause.

Ce changement de contexte peut correspondre au passage d'un contexte extra-scolaire au contexte scolaire ; c'est particulièrement vrai pour l'usage de l'outil informatique où les acquis des pratiques familières entrent en conflit avec les acquis nécessaires aux activités techniques nécessitant ce même outil. C'est illustré par le commentaire apporté par un élève de quatrième sur les difficultés rencontrées lors du déroulement de son activité :

Chercheur :	<i>Et toi, tu as essayé en cliquant avec la souris.</i>
Élève :	<i>Chez moi j'ai une version plus récente. [...] Mais il ne peut pas m'aider parce que (Inaudible).</i>
Chercheur :	<i>D'accord. Donc, la version officielle que vous avez chez vous, enfin, ou d'autres versions officielles chez vous ça fonctionne différemment ?</i>
Élève :	<i>Oui.</i>
Chercheur :	<i>Donc, t'essayais là de reproduire, euh, comme chez toi ?</i>
Élève :	<i>Oui.</i>

Le changement de contexte peut aussi avoir lieu à l'intérieur du cadre scolaire, par exemple quand l'élève passe d'une situation scolaire de TP (*travaux pratiques*) à une situation de projet technique ou d'un travail fait dans une unité, unité *conception et fabrication assistées par ordinateur* en quatrième, à une situation de projet technique mobilisant le même type de machine-outil.

il y a mobilisation
quand...

Les acquis antérieurs ne constituent pas uniquement des obstacles, ils sont mobilisés et servent de base à la construction de la compétence en jeu pour la mise en œuvre d'un matériel technique. L'échange suivant, enregistré dans une classe de sixième, montre que les élèves restituent des savoirs acquis relatifs à l'une des compétences attendues des élèves, « *la reconnaissance par grandes familles [des] matériels utilisés* », et qu'ils l'ont utilisée pour la mettre en jeu dans l'activité particulière qu'ils avaient à conduire.

On observe cette mobilisation des acquis antérieurs dans deux conditions bien particulières :

La première condition nécessaire est que le contexte du dispositif de production soit identique tant dans sa dimension scolaire

Chercheur :	<i>Si tu laissais le fil allumé, il allait se passer quelque chose ?</i>
Élève :	<i>Ah oui, bah oui, oui il était juste en dessous / je crois que la prof, elle nous avait dit aussi qu'il fallait pas trop / oui il était juste en dessous / laisser la minuterie.</i>
Chercheur :	<i>D'accord.</i>
Élève :	<i>Le plastique, il aurait pu fondre [...] sinon y brûlait carrément.</i>
Chercheur :	<i>Il brûlait carrément, tu penses que ça aurait pu aller jusqu'à le brûler ?</i>
Élève :	<i>Non moi je pense pas / non y'aurait carrément des marques noires / non ça l'aurait brûlé tout noir, non il serait devenu tout noir, mais y'aurait pas eu le truc du feu.</i>
Chercheur :	<i>Y'aurait pas eu le feu ?</i>
Élève :	<i>Oh bah non il se serait cramé / non parce que ça ne peut pas.</i>

que technique à celui où les acquis ont été construits antérieurement. La compétence nécessaire à la mise en œuvre des matériels techniques s'élabore alors sous les deux formes suivantes.

...il y a déjà eu
pratique antérieure

En analysant ses propres erreurs commises dans l'action, l'élève construit des connaissances qui restent sur un registre d'utilisateur du matériel technique utilisé.

L'analyse de l'usage des matériels techniques utilisés dans l'action constitue un second mode d'acquisition en cours d'action. La conséquence de ces acquisitions au fil de la pratique se traduit par le passage d'un registre de technicité « *d'utilisateur-exécutant* » à un registre « *d'utilisateur-expert* » pour l'élève. Par exemple, en classe de troisième, la réalisation d'un usinage similaire sur plusieurs pièces identiques à partir du même programme de pilotage d'une machine-outil s'est traduit par un raccourcissement des temps opératoires, un moindre recours à une aide extérieure et à une efficacité accrue dans l'exécution de la tâche prescrite, caractérisée par de moins en moins de moments d'hésitation.

il y a eu pratique
collective

La seconde condition nécessaire à la mobilisation d'acquis antérieurs des élèves est que ceux-ci fassent l'objet d'un implicite partagé entre les acteurs impliqués dans le dispositif de production. Ce sont les travaux collectifs qui sont là en jeu quelles que soient les raisons qui ont conduit à ces travaux collectifs. Les compétences en jeu sont socialement partagées entre plusieurs élèves. Les bases sur lesquelles s'établit initialement ce partage représentent souvent un implicite commun aux acteurs concernés. La modification de la répartition des activités et des rôles de chacun des acteurs dans la pratique ainsi que l'accroissement de l'efficacité de l'action collective mettent en évidence la modification individuelle des registres de technicité. C'est par exemple le cas quand dans un binôme la répartition des activités donne au départ à l'un le rôle de « tête » et à l'autre le rôle de « bras effecteur » et que, l'action collective avançant, il y a renversement de ces rôles.

La mobilisation de compétences socialement partagées n'est pas seulement la conséquence d'une pratique collective mobilisant la mise en œuvre de matériels techniques de production.

il y a eu débat

D'autres formes de regroupements collectifs, formels ou informels donnent l'occasion à des élèves de confronter des points de vue relatifs à des activités techniques s'étant développées séparément à partir de la même tâche prescrite. Ces confrontations provoquent des échanges, en appui sur des savoir-faire construits par chacun des protagonistes. Elles constituent une autre forme de partage de compétences dans la pratique.

Ces caractéristiques de la mobilisation ou de l'acquisition de compétences nécessaires à l'action ne sont jamais indépendantes du contexte scolaire, technique et social ni de son évolution à la réalisation sur projet. Ce résultat s'oppose à l'existence d'une relation directe entre une solution à un problème technique et les connaissances déjà possédées par l'élève.

La nécessaire réappropriation ou reconstruction des savoirs et compétences constitue un trait caractéristique de l'évolution des dispositifs de production et un trait important de la phase d'exécution de la réalisation sur projet.

5. CONCLUSION

L'ensemble des caractéristiques significatives des *dispositifs de production en milieu scolaire* qui a été défini à partir de l'analyse des données co-construites avec les acteurs et présenté dans le chapitre précédent, apporte des réponses à la plupart des questions posées dans cette recherche.

le contexte scolaire
des pratiques

Bien que le contexte des pratiques soit à chaque fois spécifique de chaque terrain analysé trois régularités relatives au cadre de développement des dispositifs de production se dessinent pour tous les terrains :

- dans les limites spatiales de la salle de classe où se développe le dispositif de production l'ensemble des lieux et des matériels, sans distinction, sont supports à activité de production,
- un ensemble de documents regroupés constitue ce que les enseignants nomment un « *dossier technique* » qui est à disposition des élèves et relatif à la production en cours,
- la durée de la séance scolaire définit la seule référence temporelle qui guide l'évolution des dispositifs de production du point de vue des élèves.

La pratique des acteurs que nous interrogeons au sujet de la répartition des tâches n'est que très peu caractérisée par les résultats obtenus. Une seule certitude est acquise, puisque confirmée par les élèves et l'enseignant de chacun des terrains d'analyse : la répartition des tâches est essentiellement véhiculée par la voie de consignes de travail qui sont données par écrit ou oralement par l'enseignant. Cette

les rôles
socialement
partagés...

répartition est parfois rediscutée localement par les élèves dans le cas de tâche collective.

Le rôle d'agent de production donne à chacun des élèves l'occasion de développer des activités techniques. Celles-ci s'effectuent à l'aide de matériels techniques allant de l'outil à main à la machine-outil automatisée en passant par la machine-outil mécanisée. Une particularisation de l'activité des élèves semble liée à chacun des types de matériels utilisés. Ceci constitue une hypothèse de travail qui devrait conduire à une caractérisation plus précise encore du rôle d'agent de production assumé dans les dispositifs de production en technologie au collège.

...mobilisant
des compétences

Au-delà des matériels techniques mis en œuvre par les élèves dans leur activité, ceux-ci s'appuient sur d'autres éléments pour ajuster leurs comportements et coordonner leurs conduites. Les résultats montrent que ce sont essentiellement les autres humains, tant élèves qu'enseignant, qui sont sollicités, avec une très nette majorité des sollicitations des pairs. Ceci au détriment d'autres éléments du milieu technique tel que le « *dossier technique* » quasiment ignoré par les élèves.

Dans son rôle principal d'agent de production l'élève mobilise et construit des savoirs qui sont à chaque fois re-questionnés et réadaptés au cadre technique et social d'existence de ces savoirs.

une organisation
effective...

L'organisation de la production en milieu scolaire que nous questionnions au travers des rôles techniques et sociaux a montré une nette partition entre les rôles tenus effectivement par les élèves et l'enseignant dans les dispositifs de production. Plus que la partition des rôles c'est la nature de l'activité que chacun de ces rôles recouvre qui est en jeu. La nature de l'activité de l'élève le cantonne dans des activités d'exécution. Les activités constitutives des rôles de l'enseignant lui donnent une vision et une maîtrise quasi exclusive de l'organisation en tant que structure et en tant que dynamique c'est vrai à la fois en termes de prévision comme en termes d'évolution. Cette partition de la nature des activités prive l'élève de la vision projective (au-delà de la durée d'une séance). Ce constat nous incite à formuler l'hypothèse qu'un accès des élèves à des tâches d'organisation nécessaires à la mise en place et au développement de dispositifs de production devrait redonner cette visée projective.

...structurée
et adaptative
qui permet...

La question de la mise en relation des *dispositifs de production en milieu scolaire* et des dispositifs de production du monde économique qui constituait un volet de notre questionnement se trouve éclairée par l'ensemble des caractéristiques établies.

En effet, les rôles techniques et les formes de construction ou de mobilisation des compétences significatifs de l'activité des élèves, les rôles techniques et les registres de technicité assumés et développés par l'enseignant et les rôles sociaux, des élèves et des enseignants, en jeu dans la dynamique de

l'organisation, supportent la mise en comparaison avec des dispositifs de production hors l'École.

...de produire
comme hors l'école
mais...

De ce point de vue il n'est pas possible de contester aux *dispositifs de production en milieu scolaire* la fonction de vecteur pertinent de mise en relation avec des pratiques socio-techniques productives. Cependant la phase de co-construction avec les élèves a montré que ceux-ci n'effectuaient aucune mise en relation consciente de leurs activités productives scolaires avec d'autres activités productives.

La préparation initiale des séances, à laquelle sont confrontés les élèves a pu être reconstruite *a posteriori* grâce à la co-construction des données avec l'enseignant. Elle résulte d'un travail de conception réalisé par l'enseignant, et intègre des références multiples. Parmi ces références : les programmes de la discipline. De ce point de vue l'hypothèse que la formulation de la tâche constitue l'interface principale entre les curriculum formel et réel est validée. Cette notion d'interface doit cependant être élargie à la prise en compte de références explicites à des activités productives industrielles données par les enseignants.

les élèves
ne construisent pas
la relation

La co-construction avec l'enseignant a aussi montré que si la majorité de ses décisions de modification ou d'ajustement du dispositif de production durant le déroulement des séances était consécutive à la prise en compte des contraintes de la situation d'autres étaient consécutives à la prise en compte de références à des activités productives industrielles.

La co-construction des données avec les élèves a montré que les seuls paramètres sur lesquels ils appuient l'ajustement de leurs comportements et de leurs conduites sont internes au dispositif scolaire vécu et « remontent » au plus à la formulation des consignes et de la tâche. Au vu de ces perceptions divergentes, il est possible de faire le constat qu'il ne suffit pas de vivre une situation pouvant être mise en relation avec une pratique socio-technique de référence pour que *de facto* cette mise en relation soit effectivement perçue et construite par les élèves.

hypothèses
pour une mise
en relation

Comment faut-il retravailler les *dispositifs de production en milieu scolaire* pour donner aux élèves la possibilité d'effectuer cette mise en relation ? C'est la question qui reste posée. Hypothèse peut être faite que donner à l'élève les moyens d'analyser sa propre activité de production devrait pouvoir lui donner les moyens de construire un modèle de *dispositif de production en milieu scolaire*. Celui-ci pourrait alors être confronté avec les modèles de dispositifs de production existant dans le monde de l'industrie. Ceci nécessite que ces derniers soient rendus accessibles aux élèves. La caractérisation plus précise du rôle d'agent de production de l'élève, comme une meilleure répartition entre élève et enseignant des activités nécessaires à la

production, hypothèses évoquées plus haut, devrait pouvoir enrichir l'activité de l'élève rendant ainsi les vecteurs de mise en relation plus pertinents entre pratiques scolaires et pratiques du monde industriel dans le cadre d'une réalisation sur projet.

Guy Manneux
UMR STEF ENS Cachan – INRP
manneux@inrp.fr

BIBLIOGRAPHIE

- BANCEL-CHARENSOL, L. & JOUGLEUX, M. (1997). Vers une analyse des systèmes de production de services. *Revue française de gestion*, n° 113.
- CASALFIORE, S. (2002). La structuration de l'activité quotidienne des enseignants en classe : vers une analyse en termes d'action située. *Revue française de pédagogie*, n° 138, p. 75-84.
- CLOT, Y. (1997). *Le travail, activité dirigée*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, non publié, université Paris 7, Paris.
- CLOT, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris : PUF.
- COMPERE, M.-M. (dir.) (1997). *Histoire du temps scolaire en Europe*. Paris : Économica : INRP.
- CRINDAL, A. (2001). *Enquête sur les figures de la démarche de projet en Technologie*. Thèse de doctorat, non publiée, ENS Cachan, Cachan.
- CRINDAL, A. (2003). Les figures du projet dans l'enseignement de la Technologie au collège. In *Projet(s), Alinéa*, n° 14. Grenoble : Presses universitaires de Grenoble. p. 167-192.
- CROZIER, M. & FRIEDBERG, E. (1977). *L'acteur et le système*. *Sociologie Politique*. Paris : Éd. du Seuil (rééd. : 1981).
- DEFORGE, Y. (1990). *L'œuvre et le produit*. Champ Vallon : Seyssel.
- DEFORGE, Y. (1993). *De l'éducation technologique à la culture technique*. Paris : ESF.
- DEFORGE, Y. (1995). La production d'objets originaux. *Skholê*, n° 3, p. 7-12.
- DURAND, M. (1996). *L'enseignement en milieu scolaire*. Paris : PUF.
- DURAND, M. (1998). *L'enseignement comme « action située » : éléments pour un cadre d'analyse*. Communication présentée à la IV^e Biennale de l'Éducation et de la Formation, consulté le 18 février 2000 sur : <http://www.inrp.fr/Acces/Biennale/7biennale/Contrib/longue/6080.pdf>.

- FRIEDBERG, E. (1972). *L'analyse sociologique des organisations*. Paris : L'Harmattan (rééd : 1987).
- FRIEDBERG, E. (1993). *Le Pouvoir et la Règle. Dynamiques de l'action organisée*. Paris : Éd. du Seuil.
- GAUTHIER, C. (1997). *Pour une théorie de la pédagogie. Recherches contemporaines sur le savoir des enseignants*. Bruxelles : De Boeck.
- GINESTIÉ, J. (1999). *Contribution à la constitution de faits didactique en éducation technologique*. Note de synthèse d'habilitation à diriger des recherches, non publiée, université de Provence, Aix-en-Provence.
- INRP (1998-2001). *Activités de production à l'école obligatoire : approches didactique et psychologique*. Recherche en appel à coopération n° 30721. Rapport de recherche, non publié.
- LANDE, C. (2004). *La production d'un service en Technologie au collège : caractérisation des activités et représentations des enseignants et des élèves*. Thèse de doctorat, non publiée, ENS Cachan, Cachan.
- LAURENT, J.-L. (1996). *Étude des pratiques des enseignants de Technologie dans des démarches d'investigation technologique et de réalisation de projet*. Mémoire de DEA, non publié, LIREST-GDSTC, Cachan.
- LEBEAUME, J. (dir.) (1999). *Discipline scolaire et prise en charge de l'hétérogénéité. Pratiques enseignantes en Technologie au collège*. Rapport de recherche CNCRE. Cachan : GDSTC-LIREST.
- LEBEAUME, J. & MARTINAND, J.-L. (coord.) (1998). *Enseigner la Technologie au collège*. Paris : Hachette.
- LEPLAT, J. & HOC J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. In J. Leplat (coord.). *L'analyse du travail en psychologie ergonomique*. Toulouse : Octarès. t. 1.
- LEPLAT, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail : contribution à la psychologie ergonomique*. Paris : PUF.
- MANNEUX, G. (1997). *La fonction de production, quelles sollicitations des acteurs en situation*. Mémoire de DEA, non publié, GDSTC-LIREST, Cachan.
- MANNEUX, G. (2004). *Caractérisation des situations de production en Technologie au collège*. Thèse de doctorat, non publiée, ENS Cachan, Cachan.
- MARTINAND, J.-L. (1985). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter-Lang.
- MARTINAND, J.-L. (1989). Pratiques de références, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques. *Les Sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle*, n° 2, p. 23-29.
- MARTINAND, J.-L. (1998). Réalisation sur projet : à quoi servent les scénarios. *Éducation technologique*. Versailles : CRDP ; Paris : Delagrave. n° 1.
- MARTINAND, J.-L. (2000). Le projet en éducation technologique, problématique introductive au colloque. *Skolê*, n° 11, p. 22-23.

MARTINAND, J.-L. (2001). Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire. In A. Terrisse (Éd.). *Didactique des disciplines : les références au savoir*. Bruxelles : De Boeck. p. 17-24.

MARTINAND, J.-L. (2003). L'éducation technologique à l'école moyenne en France : problèmes de didactique curriculaire. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des Technologies*, vol. 3, n° 1, p. 101-106.

MUSARD, M. (2003). *De la pratique sociale de référence acrosport à sa transposition didactique en EPS : définition des principes à respecter en milieu scolaire*. Thèse de doctorat, non publiée, ENS Cachan, Cachan.

PARAIN, C. (1975). Rapports techniques et rapports sociaux : l'exemple de l'Irlande. In C. Parain (Éd.). *Ethnologie et Histoire*. Paris : Éditions sociales. p. 521-537.

RAK, I., TEIXIDO, C., FAVIER, J. & CAZENAUD, M. (1992). *La démarche de projet industriel – Technologie et pédagogie*. Paris : Foucher.

REVUE FRANÇAISE DE PÉDAGOGIE (2002). *Recherches sur les pratiques d'enseignement et de formation*. n° 138.

TARDIF, M. & LESSARD, C. (1999). *Le travail enseignant au quotidien*. Bruxelles : De Boeck.

WAGEMAN, L. & PERCIER, M. (1995). *Contribution à l'étude de la formation à la gestion de processus continus : le cas de l'entraînement sur simulateur machine des élèves officiers de la marine marchande. Activités des opérateurs et situations de formation*. Thèse de doctorat, non publiée, École pratique des hautes études, Paris.

C.I.E.P (1992). Technologie, textes de références. Sèvres.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1985). *Collèges, programmes et instructions*. Paris : Livre de poche : CNDP.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE : BUREAU DU RÉSEAU SCOLAIRE ET DES RELATIONS AVEC LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES (DLC C3) (1996). *Guide d'équipement : Technologie au collège*.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1997). *BO*, n° 1.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1998). *Enseigner au collège : Technologie, programmes et accompagnements*. Paris : CNDP.

OBJETS INTERMÉDIAIRES DANS UNE SITUATION DE CONCEPTION EN TECHNOLOGIE AVEC CAO AU COLLÈGE

**Alix Géronimi
Erica de Vries
Guy Prudhomme
Jacques Baillé**

La discipline technologie pourrait contribuer à la formation de la culture générale des élèves, entre autres, par une transposition des situations de conception industrielle qui exigent l'élaboration et la mobilisation de savoirs techniques. Constitutives des processus de conception, les représentations externes, textuelles, graphiques ou numériques (modèles volumiques réalisés à l'aide de la CAO) jouent un rôle primordial dans la pensée technique. Elles sont précisément appelées objets intermédiaires quand il s'agit de leur rôle de médiation entre concepteurs et autres acteurs dans la conception.

L'objectif de l'étude de cas est d'examiner le potentiel d'une situation de conception en classe de technologie au collège pour la mobilisation de connaissances techniques et le rôle joué par les représentations externes en tant qu'objets intermédiaires. À partir des dialogues d'une dyade d'élèves, les différents domaines de connaissances mobilisés au cours du processus sont quantifiés. Ensuite, le rôle médiateur des différentes représentations externes produites (cahier des charges, schéma, modèle volumique) est décrit de façon qualitative.

Si cette étude incite à penser que les élèves de collège sont capables d'utiliser un logiciel de CAO pour concevoir, des recherches systématiques dans ce domaine sont nécessaires. Plus particulièrement, il s'agit d'étudier les caractéristiques des situations susceptibles d'améliorer la prise en compte de contraintes de fabrication lors de processus de conception.

1. INTRODUCTION

Concevoir, c'est réaliser l'actualisation concrète d'un objet ou d'un système virtuels. Il s'agit donc d'une activité transitionnelle opérant le passage d'un monde, le virtuel, à un autre, le réel concret. Cette activité combine les syntaxes du possible et du certain (les calculs, en un sens plus ou moins formel) constitutives de l'usage d'un instrument et d'outils sémiotiques aussi divers que la langue naturelle, les schémas, les graphes, les équations, les tableaux, les dessins. Le traitement du virtuel, entendu ici en un sens proche de celui que Granger (1995) réserve aux objets de sciences, relève de l'activité de modélisation, dans toute l'extension que l'on peut donner à ce mot.

concevoir
conduit à utiliser
des représentations
externes

Cela se voit, en situation industrielle, lorsque les concepteurs « *passent le plus clair de leur temps à créer, interpréter, transformer, discuter, évaluer... des textes, des graphes, des calculs, des modèles informatiques, des dessins...* » (Jeantet, 1998). Ils manipulent ainsi des *objets intermédiaires* (Vinck & Jeantet, 1995). Une part du processus de conception consiste en effet en la construction de représentations externes du futur artefact ; ces représentations sont constitutives de la culture des concepteurs, et par-delà du champ technique des cultures occidentales contemporaines. Mettre en place des situations d'enseignement qui permettent la construction et le maniement de représentations au cours d'activités à finalité technique est ainsi un enjeu pour l'acculturation technique des élèves.

faisabilité
de la conception
avec CAO en 4^e
de collège

Aujourd'hui, les concepteurs élaborent leurs représentations à l'aide d'outils informatiques (conception assistée par ordinateur ou CAO). La familiarisation avec les logiciels de CAO, issus plus ou moins directement du monde professionnel, est désormais retenue comme composante de l'éducation technologique à l'école moyenne, en France, mais aussi au Royaume-Uni (Lawler, 2001 ; Lebeaume & Martinand, 1998 ; Ranucci, 1999). La recherche présentée ici a pour objet l'étude de la faisabilité d'une séquence de conception dans une classe de quatrième de collège. Les connaissances, savoirs, et représentations mobilisés par les élèves lors de cette activité de conception seront principalement visés.

2. CADRE THÉORIQUE ET PROBLÉMATIQUE

Dans cette section, notre cadre théorique s'organise en trois volets. Tout d'abord, nous présentons la technologie comme discipline d'enseignement avec ses finalités, ses références, et ses modalités d'organisation. Ensuite, la conception industrielle est analysée comme pratique sociale de référence. Enfin, une revue de littérature devrait nous permettre de présenter les champs de connaissance associés aux représentations impliquées dans la conception. À l'issue de ces trois volets, nous introduisons nos questions concernant la mise en modèle d'une situation de conception au collège.

2.1. Champ culturel de la technique et enseignement de la technologie

La culture est l'ensemble des langages, des règles et des techniques qui permettent à un individu de se reconnaître comme appartenant à une société, à une communauté. La culture est clôture (pour parler comme Bergson). L'expression « culture technique » relève du pléonasma, puisque, sauf par prétérition, on ne peut rien dire d'autre d'une culture que ce qu'en révèle l'exercice des techniques. Aussi, sans entrer dans le

débat sur la portée générale ou locale de l'enseignement technologique, nous nous contenterons de dire avec Martinand (2003) que l'appropriation des techniques est « *constitutive de culture générale* ».

Le champ technique de l'activité humaine peut être caractérisé par la réunion permanente des trois composantes de la technicité (Combarous, 1984, p. 23) :

- Une composante intellectuelle, la *rationalité technique*, capacité à anticiper et à effectuer des choix raisonnés dans des situations complexes, orientés par des finalités techniques : tirer un parti matériellement avantageux des caractéristiques du monde (Vérillon, 2003).
- Une composante sociale, la *spécialisation des rôles* joués dans les activités humaines techniques.
- Une composante matérielle, l'usage de ce que Combarous nomme des *engins*, appelés *artefacts* par Rabardel, propres à un environnement technique. Ces artefacts peuvent être de nature matérielle ou sémiotique. Le processus cognitif d'appropriation de ces outils est nommé instrumentation (Rabardel, 1995 ; Vérillon, 1996).

3 composantes
de la technicité pour
un environnement
de la technologie

Les tâches proposées aux élèves dans le cadre de l'enseignement de la technologie doivent donc elles aussi avoir un caractère de technicité ; elles sont ainsi explicitement ou implicitement en rapport avec des pratiques sociales de référence dans le domaine technique (Martinand, 1986). En France, par décision politique, les références doivent être recherchées dans des pratiques industrielles des secteurs de la construction mécanique ou électronique, ou dans le secteur des services. La visée de la discipline est ainsi double : développement cognitif et socialisation (COPRET, 1984 ; Baillé & Brissaud, 1999 ; Lebeaume & Martinand, 1998).

de la technicité
dans une activité
de référence...

Les programmes actuels (MEN, 1997a) régissent l'organisation des enseignements selon deux logiques : « *logique d'acquisition de connaissances* » pour les unités de technologie de l'information et « *logique d'activité* » pour les scénarios de réalisations sur projets. Les scénarios sont conçus dans une logique de participation active des élèves au « *déroulement dans le temps d'un ensemble d'actions organisées, c'est à dire dont la finalité est précisée* » (Lebeaume & Martinand, 1998, p. 90). Des démarches ou procédures devant être disponibles au cours de ces scénarios font l'objet d'un apprentissage préalable au cours d'unités de technologie de l'information (MEN 1997b, p. 109). Les unités de traitement de l'information et scénarios correspondent à deux étapes introduisant progressivement la complexité du champ de référence technique, et ainsi à deux focalisations différentes par rapport aux visées de développement cognitif et de socialisation de la discipline.

...à la technicité
dans une activité
d'apprentissage

la conception industrielle comme pratique sociale de référence

2.2. La conception, activité cruciale et complexe

L'histoire montre (Perrin, 2001) que les techniques et les sciences du génie n'ont progressé de manière importante que lorsqu'elles ont été confrontées à la conception et à la réalisation de nouveaux objets techniques. Selon ce point de vue, c'est l'action de concevoir un objet technique qui engendre le processus de transformation et de production de nouvelles connaissances techniques. Il en découle le caractère crucial de la conduite d'activités de conception en éducation technologique souligné par exemple par Davies (2004).

Les processus de conception, et en particulier les processus de conception industrielle, sont complexes. Ici, nous désignons par processus de conception l'ensemble des activités anticipant la fabrication industrielle d'un produit. Nous insistons sur le fait que ces processus conduisent non seulement à la définition du produit, mais aussi à l'élaboration du *process* de fabrication et incluent des étapes de validation de ces *process* par la production de préséries de produits. Ils sont complexes par leurs objets et par les organisations qui les portent, par le grand nombre et la variété des connaissances qu'ils nécessitent de mobiliser, ainsi que par le déroulement de l'activité cognitive et sociale des personnes qui y sont engagées.

l'activité de conception est une activité cognitive...

L'objet des processus de conception industrielle est de mettre sur le marché des produits de qualité, dans un délai court, en général en grand nombre. Ces produits sont conçus dans une organisation industrielle et sous contraintes de différents types : techniques, économiques, juridiques, politiques, ou stratégiques. Dans ce cadre, « *la conception consiste à donner un ensemble de propositions permettant de décrire le produit (forme, dimension, moyen d'obtention...) et répondant globalement à un cahier des charges (fonctions à assurer, conditions de fonctionnement, durée de vie souhaitée, environnement...)* » (Tichkiewitch, Tiger & Jeantet, 1993). L'activité de conception relève donc du monde des idées, de la cognition (au sens de la construction de connaissance sur), mais c'est également une activité de création, d'action, à l'issue de laquelle seront générées les différentes propositions pour l'objet technique en cours de conception. Cette activité est par ailleurs très dépendante des organisations industrielles dans lesquelles elle a lieu (Prudhomme & Brissaud, 2000).

Sur le plan cognitif, la conception est en général considérée comme une activité de résolution de problèmes (Simon, 1973). Ces problèmes sont qualifiés de « *mal formés* », car, ce n'est qu'au cours du processus que les concepteurs peuvent compléter une description plus précise du but à atteindre. Une part de l'activité des concepteurs consiste donc à construire le problème : il y a à la fois conception du problème et de la solution. Qu'il s'agisse d'un concepteur seul ou d'un collectif de concepteurs, le problème doit être explicité pour

...qui relève
de la résolution
de problèmes
complexes

être partagé. Cette explicitation peut par exemple prendre la forme d'un cahier des charges. Si les problèmes se construisent en même temps que les solutions, les situations de conception admettent un nombre de solutions possibles potentiellement infini, en fait « *limité par la définition du problème et les caractéristiques personnelles* » des concepteurs (De Vries, 1994, p. 17). Ce qui amène à qualifier les problèmes de conception de problèmes ouverts.

Enfin, la résolution de problèmes de conception s'effectue sur au moins deux axes disjoints (Darses, 1992). Le premier axe est l'axe du déroulement dans le temps : il est borné par les décisions de début et de fin. Le deuxième est l'axe de la hiérarchie d'abstraction : le cheminement sur cet axe va d'un problème abstrait, plus ou moins mal défini, en passant par des spécifications de fonctionnalités désirées, à des propositions de solutions, plus ou moins concrètes et détaillées. Avancer dans un problème de conception, c'est donc parcourir l'axe du temps en produisant une succession d'ensembles problème-solution en interaction, jusqu'à obtention d'un compromis jugé satisfaisant (Longchamp, 2004, p. 88). Ce processus entraîne le parcours non successif des différentes branches et niveaux de la hiérarchie d'abstraction (De Vries & De Jong, 1999) selon une stratégie opportuniste (Visser, 1990). Ainsi, chaque traitement d'un problème de conception est singulier, donc, ni prévisible, ni prescriptible.

2.3. Représentations externes et objets intermédiaires

Les fonctions des représentations externes, discours, maquettes, écrits, dessins sur papier ou sur ordinateur, au cours des processus de conception sont liées à l'élaboration de la pensée individuelle ou collective pour une tâche particulière à accomplir : conception et fabrication de l'artefact, des équipements de production, de contrôle et de maintenance (Deforge, 1981 ; Weill-Fassina, 1973). Elles mettent en relation les personnes et l'artefact représenté, que celui-ci existe déjà ou non. Il y a mise au jour d'une représentation externe, conjointement avec l'élaboration de la représentation interne (mentale) de l'artefact ; cette représentation externe permet aux sujets d'effectuer des simulations sur le comportement futur de l'artefact et sur les effets des différentes actions susceptibles de lui être appliquées, constituant ainsi une « prise » sur l'artefact absent (Jeantet, 1998, p. 128).

trois registres
de fonctionnement
pour les *objets-
intermédiaires...*

Lorsque les concepteurs se réfèrent aux représentations externes dans le but de la construction d'une représentation partagée, on les nomme également *objets intermédiaires* (Vinck & Jeantet, 1995). Les *objets intermédiaires* fonctionnent suivant trois registres :

- Un registre de représentation du produit et des connaissances mobilisées ou élaborées.

...médiateurs
entre le réel
et les individus
et du dialogue
entre les individus

articuler
des domaines
de connaissances
pour concevoir

- Un registre de traduction caractérisant les opérations qui consistent à passer d'une dimension du futur produit à une autre : fonctionnelle, structurelle, géométrique, technologique, de fabrication.
- Un registre de médiation dans les interactions entre spécialistes ayant des points de vue différents.

Belliès définit les *objets intermédiaires* comme des instruments de l'activité collective ; ils sont intermédiaires entre soi et les autres (Belliès, 2002, p. 64). Ainsi, des objets variés peuvent remplir la fonction d'*objet intermédiaire* : croquis, schémas, maquettes, prototypes (Roth, 1996), dessins techniques en projections, et tableaux de caractéristiques techniques. L'essentiel étant que ces objets soient des médiateurs du dialogue des individus avec le réel et du dialogue entre les individus. Par exemple, Lebahar (1996) montre comment une représentation interactive en 3D sur écran, ou *modèle volumique*, d'un cockpit d'hélicoptère, joue le rôle de médiateur dans un groupe interdisciplinaire de concepteurs spécialisés.

Rabardel et Weill-Fassina (1984, p. 8) organisent les connaissances mobilisées dans la lecture et l'écriture du dessin technique, jusqu'alors moyen de représentation par excellence dans la discipline en trois domaines, qu'ils nomment champs conceptuels :

- Le code défini comme l'ensemble des signes et de leurs significations ainsi que les règles qui régissent leurs relations.
- La technologie entendue au sens des connaissances des objets techniques, des techniques et des modes de productions.
- La géométrie comprenant aussi bien les aspects permettant une caractérisation géométrique des artefacts, que certains aspects relatifs à leur représentation.

Cette catégorisation demande à être adaptée lorsque l'objectif est d'étudier l'activité de conception à l'aide d'outils informatiques de représentation plutôt que des activités de lecture/écriture de dessin technique. Une telle adaptation sera proposée dans la forme d'une grille d'analyse pour l'étude de cas (paragraphe 3.3).

2.4. Questions de recherche

Le cadre théorique explicité ci-dessus nous conduit à préciser une première grande question à l'origine de nos travaux : « *Quels domaines de connaissances peuvent être mobilisés au cours d'un processus de conception, par des élèves, lorsqu'ils disposent d'outils utilisés par des professionnels ?* »

Dans ces travaux, nous nous heurtons à deux obstacles : d'une part, les scénarios de conception avec CAO au collège ne sont pas répandus à l'heure actuelle et d'autre part, il n'existe pas de paradigme de recherche établi pour l'étude de telles situations. Vu cet état de fait, nous proposons une

étude de cas dans le contexte de la mise en place expérimentale d'un scénario de conception avec CAO. Une telle situation de classe constituera invariablement une simplification et/ou une altération par rapport aux situations de référence, celles impliquant des processus de conception dans le monde professionnel. Certaines adaptations nécessaires éloignent la situation de classe de la situation de conception professionnelle, d'autres préservent des caractéristiques essentielles des situations de conception.

Plus précisément, dans la conception de la séquence, la technicité des situations d'apprentissage a été prise en compte en insistant sur quatre aspects.

une technicité...

Sur le plan des rôles sociaux, la coopération est fortement encouragée, présentée comme stimulante pour le travail de conception, mais sans spécialisation possible des rôles du fait du parcours commun des élèves (Prudhomme, 1999).

Sur le plan de la rationalité technique, le nombre de solutions possibles devra être élevé ; les révisions successives des représentations de solutions doivent être accueillies favorablement, permettant les stratégies opportunistes.

Sur le plan des engins employés, les élèves doivent disposer d'artefacts matériels et sémiotiques en rapport avec ceux qu'utilisent des professionnels. La classe pourra disposer d'outils pour mesurer, représenter et simuler, de matériaux et matériels de fabrication, d'exemples de produits issus du procédé de fabrication, et des accessoires ayant un lien avec l'artefact conçu.

...adaptée
au collègue

Enfin, une tâche de conception s'effectue sous contraintes des techniques et connaissances disponibles, du délai alloué, des caractéristiques des matériaux, etc. Dans le scénario étudié, la définition de formes matérialise les réponses aux problèmes fonctionnels. Par exemple, la dimension et la forme des logements dépendent des accessoires à loger, de leur utilisation, mais aussi des procédés de fabrication. La tâche de conception par définition de formes est ainsi un cas particulier dans le très vaste domaine des tâches de conception.

Par rapport à la séquence développée, nous posons deux questions plus précises :

- Les diverses représentations produites par les élèves sont-elles utilisées comme objets intermédiaires, et si oui, en lien avec quels types particuliers de connaissances ?
- Qu'en est-il en particulier des représentations produites à l'aide du logiciel de conception assistée par ordinateur ?

Notre première approche de ces questions consiste à recueillir, analyser, et mettre en relation des échanges verbaux ou des gestes, des états successifs des productions graphiques, et des objets utilisés. Ces divers éléments, considérés comme des traces du processus, sont collectés tout au long d'une séquence d'enseignement.

une étude
à visée intensive

Étant donnée cette visée intensive et les contraintes de l'observation longitudinale de classe, notre étude se limite dans un premier temps à une dyade. Pour repérer les domaines de connaissance mobilisés au cours du temps, et leurs relations avec les *objets intermédiaires*, les activités de la dyade seront documentées quantitativement à l'aide d'une grille d'analyse et qualitativement au moyen d'extraits choisis. Bien que nos observations ne soient pas extrapolables à d'autres élèves, elles constituent une illustration du potentiel d'un scénario de conception avec CAO au collège.

3. ÉTUDE DE CAS EN TECHNOLOGIE AU COLLÈGE

Le collège (1) a été sélectionné pour les conditions d'enseignement de la technologie offertes : l'équipe enseignante est stable et formée, le matériel à disposition, les horaires d'enseignement et les effectifs des groupes d'élèves sont conformes aux recommandations ministérielles. La séquence d'enseignement est un scénario de conception au programme de la classe de quatrième utilisant la CAO comme outil. Elle fait suite à une initiation, la prise en main du logiciel. L'étude se fonde sur le suivi détaillé des interactions d'une dyade d'élèves moyens.

3.1. La séquence d'enseignement

• *Le scénario*

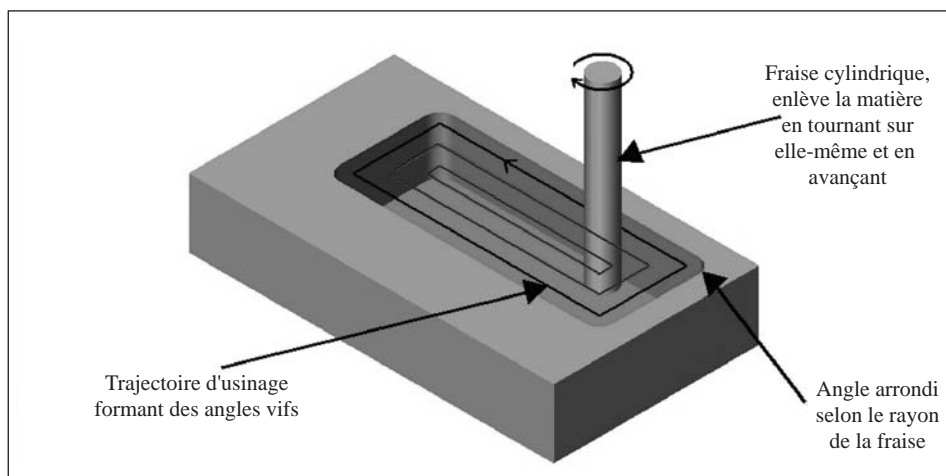
un scénario
d'extension
de gamme
de produit

Le problème posé aux élèves est de proposer de nouveaux produits destinés à étendre la gamme de sets de bureau d'une entreprise, dans le but d'attirer de nouveaux clients. L'artefact existant soumis aux élèves permet le rangement de quelques stylos et la mise à disposition d'un bloc de feuillets adhésifs ou « *post it* », dont le format n'est plus disponible sur le marché. L'extension de gamme consiste à redéfinir les fonctions existantes en fonction des contraintes du marché, et à proposer une fonction supplémentaire, l'affichage de l'heure ou de la température. Le procédé de fabrication impose le façonnage de formes par enlèvement de matière dans un bloc de plastique, *le brut*, à l'aide de la fraiseuse à commande numérique dont dispose le collège. Le travail des élèves consiste donc à préciser les fonctions imposées par le professeur (Quels accessoires range t-on ? Souhaite t-on afficher l'heure ou la température ?) puis à les spécifier (Combien de stylos ? Quelle taille normalisée de feuillets adhésifs ?) et enfin, à

(1) L'étude a été menée au collège de Seyssins, dans une classe de quatrième de monsieur Jean-Luc Mognard, professeur de technologie.

définir les formes correspondant à ces fonctions. Cette définition doit les amener à opérer des choix de solution, et à prendre en compte des critères relatifs à l'usage, à l'esthétique, au coût, au procédé de fabrication et en particulier aux contraintes que celui-ci impose sur les formes. La figure 1 montre comment le procédé de fabrication peut influencer sur la forme d'un évidement.

Figure 1. Forme des angles d'un évidement obtenu par fraisage



Le professeur a introduit le procédé d'usinage, inconnu des élèves, lors de la séance de présentation du scénario. Pour cela, il a montré le matériel utilisé et son mode d'action, ainsi qu'un objet usiné. Il a fait ensuite schématiser les formes obtenues au tableau et sur un document distribué aux élèves, afin qu'ils puissent prendre en compte ces informations pour la définition des formes du produit à concevoir. La mise en position et le maintien de la pièce sur la machine n'ont été que très brièvement évoqués.

• Une structuration par phases

Afin de structurer le travail des élèves, le professeur organise le travail de la classe en phases, décomposant ainsi le problème proposé. Il effectue ainsi pour les élèves une part du travail de planification :

- **Phase 1.** Lors de la première séance, les élèves sont informés de l'objectif de leur travail et de la marge de décision qui leur est dévolue. Les dyades font leurs premiers choix parmi les possibilités proposées, rendent compte de ces choix par écrit – c'est le *cahier des charges* – et réalisent un ou des dessins de leur projet à l'échelle 1, il s'agit du *schéma*.
- **Phase 2.** Au début de la deuxième séance, les élèves font un schéma du set de bureau, prennent connaissance des

un travail organisé en phases par l'enseignant, avec production d'écrits...

...et utilisation
d'un logiciel
de CAO

dimensions des stylos et accessoires qu'ils envisagent de ranger et calculent les dimensions à prévoir pour les logements en fonction des contraintes liées à la fabrication présentée par le professeur. Le document correspondant est nommé *dimensions*.

- **Phase 3.** Vers la fin de la deuxième séance, lorsque le professeur juge le projet suffisamment défini, la dyade est autorisée à utiliser le logiciel de CAO, pour mettre au point un *modèle volumique* de leur produit et le visualiser en trois dimensions.
- **Phase 4.** La troisième séance est consacrée à la réalisation du modèle volumique de leur produit. Au cours des phases trois et quatre, les outils à la disposition des élèves sont non seulement le logiciel de CAO, mais aussi les documents précédemment élaborés.

En fin de séquence, le professeur effectue une démonstration d'usinage. Il usine ensuite les autres produits en dehors de la présence des élèves, pour des raisons de temps (l'usinage d'un objet dure environ 3/4 h). En fin de séquence, les produits conçus sont remis aux élèves ainsi que les accessoires correspondants.

3.2. La récolte des données

recueil
des interactions,
des gestes,
des productions
d'élèves

La dyade Thomas et Aurélien, a été choisie parmi les élèves moyens de la classe, susceptibles d'être peu affectés par l'observation. Le support principal de recueil des interactions est un enregistrement effectué au poste des élèves avec leur accord, complété par une prise de notes chronologique détaillée de la partie non verbale des interactions et de l'évolution des productions. Enfin, des données supplémentaires ont été recueillies : enregistrement vidéo de l'écran de l'ordinateur, enregistrement du professeur et de ses interactions avec la classe, documents papiers et informatiques des élèves, photographies des produits usinés à l'issue de la séquence.

La source principale des données traitées est la retranscription des dialogues des élèves. Étant donné que nous nous intéressons à la conduite de la tâche par les élèves, la retranscription effectuée porte exclusivement sur les phases de travail en dyade, elle exclut donc les interventions collectives du professeur. Elle a été effectuée au plus près du langage oral des élèves, dans l'intention de limiter la part d'interprétation, puis elle a été complétée par des commentaires de l'observatrice sur les activités et les gestes, et sur les objets matériels manipulés.

3.3. La grille d'analyse

La grille (voir figure 2) vise un repérage des domaines de connaissance mobilisés, technologie, géométrie, et code, proposés par Rabardel et Weill-Fassina (1984). Quelques adaptations ont été nécessaires. Tout d'abord, une catégorie relative à la gestion de l'activité a été introduite puisqu'il

s'agit ici d'une activité de conception et non pas d'une activité de lecture – écriture. Ensuite, la catégorie des outils sémiotiques a été substituée au code, ce dernier ayant trait uniquement au dessin technique alors que le processus de conception mobilise bien d'autres moyens de représentation. Enfin, dans les interactions sur les solutions proprement dites, la grille distingue une catégorie technologique (besoin et autres dont la fabrication) et une catégorie non technologique (géométrie).

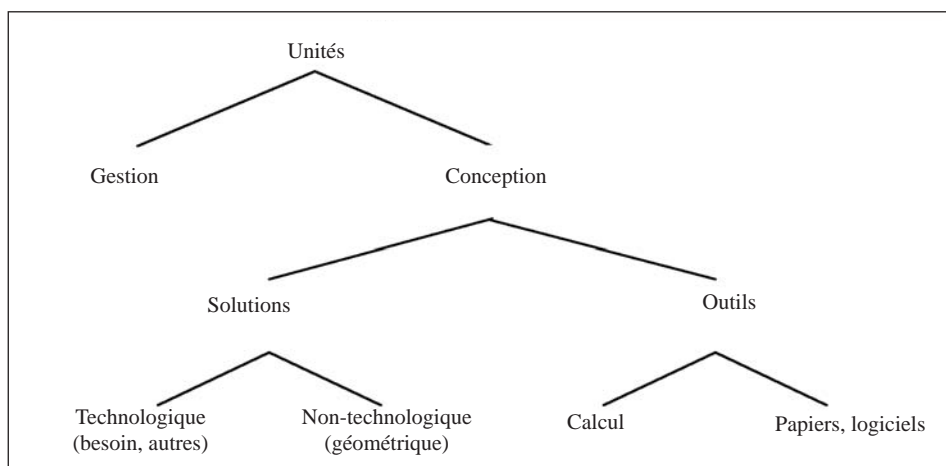
– **Gestion.** Cette catégorie regroupe essentiellement des unités relatives à la gestion de la tâche : tâche proprement dite, gestion des interactions, cf. par rapport au temps alloué. L'activité des élèves n'est ni centrée sur les outils, ni sur la tâche de conception.

– **Solutions.** L'activité des élèves est orientée sur la définition et l'évaluation de solutions. Les élèves font référence aux caractéristiques du problème de conception ou de la solution qu'ils anticipent. Les activités sont réparties en deux sous-catégories : géométrie et technologie, elle-même subdivisée en besoin ou usage projeté et autres aspects techniques.

– **Outils.** L'activité des élèves est orientée sur l'utilisation des outils nécessaires pour construire des représentations externes et centrée sur la production de ces représentations. Ils font référence aux documents sur papier, à la mise en œuvre des artefacts informatiques : interface utilisateur, modèleur volumique, et aux outils qui leur sont nécessaires pour calculer.

les domaines
de connaissances
mobilisés au cours
des interactions

Figure 2. Grille d'analyse



Le texte de retranscription a été découpé en unités sémantiques élémentaires de telle sorte que chaque unité isole une seule proposition de la part des élèves. Une unité peut ainsi

un découpage en
unités sémantiques
élémentaires

être construite autour d'un verbe, exemple : « *on peut mettre deux places sur le plastique* », ou ne renfermer qu'un seul mot, réponse dans les interactions ou expression de veille, exemple : « *Oui* » ou « *Voilà* ». Puis, nous avons sélectionné les moments où les élèves interagissent seuls, c'est à dire sans les échanges avec le professeur ou avec des camarades de la classe. Nous avons ainsi obtenu un corpus de 1411 unités sémantiques (approximativement les trois quarts du texte), ensuite classées dans les différentes catégories de la grille d'analyse (voir figure 2).

4. DYADE THOMAS AURÉLIEN

L'étude du processus de la dyade est introduite par la présentation des principales productions des élèves. Ensuite, l'analyse des dialogues donne lieu à un inventaire quantitatif des domaines de connaissance mobilisés, de leur répartition au cours du temps, et en fonction des outils utilisés. Enfin, en commentant des extraits choisis, nous montrons le rôle potentiel de médiateur des différents objets produits ou manipulés par les élèves.

4.1. Description des productions textuelles et graphiques

des productions
variées

La figure 3 présente des productions textuelles et graphiques de la dyade d'élèves. Le cahier des charges et le schéma sont dans leur état en fin de phase 2 ; ils ont été élaborés quasiment simultanément. Les grandes lignes de l'organisation des formes du produit ont été arrêtées dès les vingt premières minutes de la phase 1. Thomas et Aurélien ont effectué peu d'itérations dans leur processus de conception, en tout cas pas d'itération qui remette fondamentalement en cause les premiers choix qu'ils ont effectués. L'image du modèle volumique obtenu en fin de phase 4 montre une organisation d'ensemble conservée, mais deux évolutions sont notables : remplacement du « *grand espace en forme de T* » par deux espaces à ouverture rectangulaire, l'un petit à fond plat, l'autre grand à fond arrondi ; des congés sur les arêtes supérieures ont été ajoutés.

4.2. Analyse quantitative des productions verbales

• *Analyse globale*

Le tableau 1 présente la répartition des unités sémantiques produites par les élèves au cours des quatre phases et dans les différentes catégories de la grille d'analyse en fréquence d'apparition (f) et en proportion (%) rapportée au total de la phase ou au total général (ligne du bas ; colonne de droite).

Figure 3. Productions textuelles et graphiques de Thomas et Aurélien

Description du cahier des charges		FONCTIONS		CHOIX DE SOLUTIONS	
		Questions	Petit modèle	Grand modèle	
<ul style="list-style-type: none"> ● Colonne « Fonctions » : Fonctions préalablement définies. Exemple : « <i>Recevoir un bloc de feuillets adhésifs</i> » ● Colonne « Questions » : Exemple : « <i>Quels accessoires devront être rangés ?</i> » ● Colonne « Choix de solutions » : Remplie par les élèves. « <i>À ranger : trois blocs de feuillets adhésifs, trois stylos, des accessoires de bureau (gomme, ciseaux, trombones), et un thermomètre ; dimensions et formes de la base.</i> » 	Recevoir un bloc de feuillets adhésifs	Quelles dimensions pour les feuillets adhésifs ?		40 x 50	
	Permettre le rangement de crayons ou stylos	Combien de logements pour crayons ou stylos ?		3	
	Permettre éventuellement le rangement d'autres accessoires de bureau, (grand modèle seulement)	Quels accessoires devront être rangés ?		la gomme les trombones etc	
	Etre muni d'un gadget	Lequel ?		thermomètre	
	Se poser sur une surface plane horizontale	Quelle sera la forme de la base du support ?		rectangulaire avec support arrondi	
	Etre déplaçable facilement	Quelles dimensions pour le support ?		15 x 8 x 20	
	Etre rechargeable en blocs de feuillets adhésifs	Combien de blocs seront-ils livrés ?		3	
	Etre réalisable au collage	Moyen utilisé pour l'usage du support du prototype :	Fraiseuse 3 D à commande numérique	Fraiseuse 3 D à commande numérique	
	Etre peu cher	Prix de vente :	6 €	6 €	

Description du schéma	
<ul style="list-style-type: none"> ● Deux rectangles de chaque coté pour des blocs de feuillets adhésifs ● Trois cercles foncés pour les stylos ● Deux petits rectangles non remplis pour des ciseaux ● Un grand espace en forme de T pour petits accessoires (gomme, trombones) ● Un grand cercle au milieu pour le thermomètre 	

Description du modèle volumique	
<ul style="list-style-type: none"> ● Deux trous rectangulaires de chaque coté pour des blocs de feuillets adhésifs ● Quatre trous circulaires pour des stylos ● Deux petits trous rectangulaires pour les ciseaux ● Deux trous rectangulaires, un grand à fond arrondi et un petit pour de petits accessoires ● Un grand trou circulaire pour le thermomètre 	

La première catégorie en nombre est la catégorie gestion, pour environ 40 % du total des unités sémantiques produites. Ceci signifie que les activités de gestion de la tâche, du temps imparti, et des relations sociales au sein de la dyade occupent plus du tiers des interactions verbales des élèves. Ces activités sont, quantitativement, relativement stables au cours des phases de travail.

variation
des activités
des élèves...

Les catégories solutions et outils représentent chacune environ 30 % du total des unités sémantiques produites. Leurs proportions respectives subissent des variations importantes au cours des phases 1 et 3, c'est à dire respectivement lorsque les élèves commencent la tâche sur les documents papier, puis lorsqu'ils commencent à utiliser le logiciel. Des

...au cours
des différentes
phases

interactions dans la catégorie outil sont quasiment absentes de la phase 1, alors que la catégorie solutions est peu ou très peu représentée en phase 3 ($\text{Khi}^2 = 180,75$. $\text{Ddl} = 6$, $p < 0.001$). Rapportée au volume de l'ensemble des productions, la part des verbalisations portant sur l'élaboration des solutions est donc globalement moins importante lorsque les élèves mettent en œuvre le modèle volumique ; particulièrement faible au cours de la phase 3, elle retrouve lors de la phase 4 une valeur voisine de celle de la phase 2. On peut ainsi supposer que le maniement de l'outil de représentation implique, au stade où les élèves l'instrumentent, l'allocation d'une grande part des activités, et que cela se fait en partie au détriment de l'élaboration de solutions.

Tableau 1. Activités des élèves en fonction des phases du travail

Phase	Catégorie						Total	
	Solutions		Outils		Gestion		f	%
	f	%	f	%	f	%	f	%
1	101	57	8	5	68	38	177	13
2	139	38	109	30	120	33	368	26
3	25	8	127	43	143	48	295	21
4	180	32	150	26	241	42	571	40
Total	445	31	394	28	572	40	1411	100

• Analyse de la catégorie solutions

des solutions
progressivement
définies par
des formes

Nous avons cherché à analyser comment les verbalisations relatives à la catégorie solutions se répartissent entre la technologie (besoin et autres) et la géométrie en fonction des phases, c'est à dire en fonction des tâches à accomplir et des instruments mis à la disposition des élèves. La figure 4 montre la répartition des verbalisations relatives aux solutions.

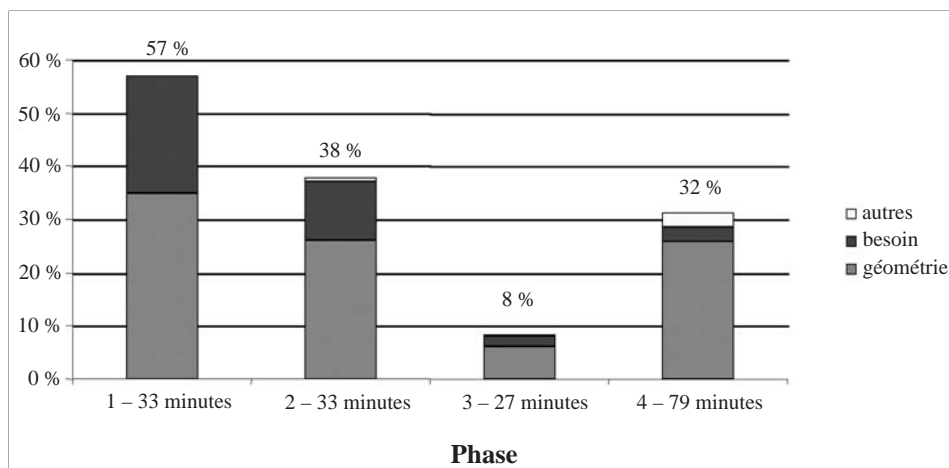
La part des verbalisations relatives à la géométrie est prépondérante dans toutes les phases, alors que la part des verbalisations relatives au besoin s'avère constamment décroissante (la part des verbalisations relatives à la géométrie est maximale au cours de la phase 4).

Nous proposons deux explications pour cette évolution.

Premièrement, le problème posé exige des solutions par définition de formes. Les fonctions attendues sont susceptibles d'être matérialisées en formes géométriques. Ainsi, lorsqu'ils discutent du problème au travers des solutions, les élèves évoquent des aspects géométriques des formes.

Deuxièmement, au moment où les solutions doivent être représentées, les ambiguïtés relatives aux dimensions doivent être levées et sont alors au centre des discussions.

Figure 4. Répartition des verbalisations sur les solutions en fonction des phases



Ceci est particulièrement vrai sur le logiciel CAO, car la création de certaines entités géométriques et relations topographiques passe par la saisie au clavier de leurs dimensions. On peut donc penser que la discussion sur les formes géométriques est en même temps une discussion sur les besoins : la représentation externe est porteuse à la fois du problème et de la solution.

4.3. La construction des représentations

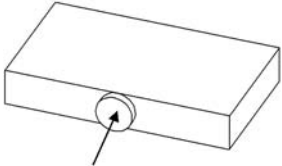
• *L'expression du besoin*

le schéma,
objet-intermédiaire...

L'extrait présenté intervient dans les premières minutes de la phase 1. Le professeur a demandé aux élèves de préciser leurs choix de solution en relation avec des fonctions techniques. Par exemple, pour la fonction « *permettre le rangement de crayons ou de stylos* », les élèves doivent préciser le nombre de logements à prévoir, puis détailler ces solutions techniques sur le schéma. Les élèves parlent du placement possible du thermomètre sur les faces du bloc de plastique en fonction de son diamètre et de l'épaisseur du brut. Ils discutent en dessinant le schéma, se procurent l'un des bruts qui circulent dans la classe, et le mesurent. Ainsi, ils découvrent que ce brut est plus épais que ce qu'indique le tableau de contraintes. Ils appellent le professeur et tentent de négocier ces contraintes (les illustrations qui accompagnent le texte ont été produites par les auteurs de l'article).

En plaçant le thermomètre, Aurélien cherche à gagner de la place pour les autres fonctions. En mimant, Thomas réfute la proposition, se référant au problème fonctionnel d'usage

Extrait 1.

1. Thomas :	<i>Monsieur, il y a des problèmes dans vos mesures.</i>	
2. Professeur	<i>Oui.</i>	
3. Aurélien	<i>Le grand c'est marqué... sur 20 et là c'est 25.</i> [Aurélien tient le bloc, le mesure, montre le tableau de contraintes]	
4. Professeur	<i>Oui alors... alors j'ai indiqué dimension maximale... Oui, c'est à dire tu veux me dire par là, que éventuellement vous pourriez le faire un peu plus épais</i>	
5. Thomas	<i>Non, c'est pas ça, on pourrait mettre le thermomètre comme ça. C'est dur mais...</i> [Thomas désigne un emplacement sur le schéma, puis sur le brut]	 <p>Placement du thermomètre</p>
6. Professeur	<i>Ouais</i>	
7. Aurélien	<i>Faire un emplacement du thermomètre là</i>	
8. Thomas	<i>Mais tu imagines, là, si on pose sur le bureau, comment tu vas regarder ? Tu es obligé de faire comme ça pour regarder. [Il mime le geste de la tête].</i>	

... dans le traitement de problèmes de placement et d'usage

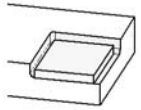
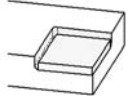
qu'elle pose. Le schéma, le brut de plastique, ainsi que le thermomètre sont au centre des interactions. Les élèves les utilisent pour mimer ou dessiner leurs propositions, effectuer des simulations de placement et d'usage, bien que le schéma soit plan. Ces objets, matériels ou symboliques, sont des médiateurs dans l'interaction. Ils peuvent ainsi être qualifiés d'*objets intermédiaires* et sont des prises pour que les élèves mobilisent des connaissances liées à l'usage du produit en cours de conception.

Un deuxième exemple intervient quand les élèves débattent de la position d'un bloc de feuillets adhésifs par rapport au bord de la base. Il s'agit de décider de la taille du logement pour qu'un ou deux bords du bloc soient en retrait des chants de la base ou juste au ras pour faciliter la préhension. Les élèves présentent le bloc de feuillets adhésifs sur le schéma et simulent deux situations d'usage, feuillet à ras du chant ou en léger retrait. Deux types d'arguments sont mobilisés : sur l'usage et sur la gestion de l'espace laissé libre pour les autres fonctions. Ici encore, le schéma en deux dimensions est une représentation externe qui pourrait être qualifiée d'*objet intermédiaire* en permettant la mobilisation de connaissances relatives à l'usage du produit.

• Contraintes de fabrication

L'extrait proposé ci-après fait suite aux interactions présentées ci-avant. Le professeur relève et valide l'argument fonctionnel de Thomas (ligne 8), et en ajoute un autre d'ordre fonctionnel (ligne 18). Il énonce une contrainte de fabrication rendant la proposition de solution irréalisable dans le cadre matériel de la classe, refermant le problème, et mettant fin à la discussion des élèves. À la suite de cette intervention auprès de cette dyade, il passe une consigne générale à tous

Extrait 2.

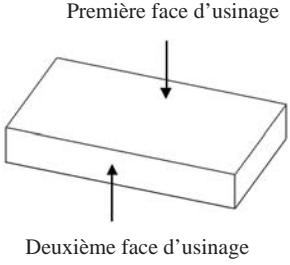
9. Thomas :	<i>Faut pas que ce soit collé</i>	
10. Aurélien	<i>Ce sera bien collé, là comme ça, sur le bord</i>	
11. Thomas	<i>Mais non parce qu'après tu vas prendre partout.</i>	
12. Aurélien	<i>Oui.</i>	
13. Thomas	<i>Tu pourras prendre partout. Alors que si tu fais comme ça, comme ici...</i>	
14. Aurélien	<i>Là sur le dessin on prévoit que ça soit bien collé hein ; avec ce style là on n'aura pas assez de place.</i>	
15. Thomas	<i>Si regarde [montre le bloc de feuillets adhésifs sur schéma]</i>	
16. Aurélien	<i>C'est pour mieux l'attraper</i>	
17. Thomas	<i>Ah ouais t'as raison</i>	Saisie des feuilles facilitée en fin de bloc

les élèves, prescrivant de ne prévoir des usinages que sur la face la plus grande des bruts.

le schéma au centre d'une discussion sur les contraintes de fabrication

Si dans une entreprise, la conception peut mobiliser des concepteurs de différents métiers, dans la classe, les groupes de travail formés sont nécessairement non-pluridisciplinaires. Ici, tous les élèves ont eu la même information sur le procédé de fabrication par une démonstration en début de séquence. Que cette information n'ait pas permis la construction des connaissances individuelles nécessaires sur la fabrication ou que les objets au centre des interactions (brut de plastique, schéma) n'aient pas été des médiateurs pertinents, les élèves n'ont pas mobilisé de connaissances sur le processus de fabrication. C'est le professeur qui les mobilise et anticipe les difficultés qui pourraient survenir, agissant ainsi sur la construction de la solution par les élèves.

Extrait 3.

18. Professeur	<i>Alors déjà oui d'une part il y a ça, et puis il y a autre chose qu'il faut prendre en compte c'est le fait que, lorsqu'on va usiner, la plupart des usinages qu'on veut faire on va les faire sur la grande face d'accord ? Et ouais.</i>	
19. Thomas	<i>Si on voulait usiner sur cette face là, il faudrait...</i>	
20. Professeur	<i>Mettre comme ça</i>	
21. Thomas	<i>Il faudrait faire comment ?</i>	
22. Professeur	<i>Ben faudrait, ben faudrait</i>	
23. Aurélien	<i>Non, c'est trop dur attends</i>	
24. Thomas	<i>Il faudrait faire en deux fois hein. Un usinage ici, et un usinage là, hein. Alors ça serait possible, mais ça serait beaucoup trop long et très compliqué. Donc on va considérer qu'on ne fait que des usinages sur les faces. Hein, d'accord ?</i>	

Au cours de la phase 2 pourtant, l'attention des élèves est centrée sur la détermination de la taille des logements des

différents accessoires en fonction de leurs dimensions extérieures et de l'arrondi des angles rentrants dû au rayon de la fraise (voir figure 1), donc à une contrainte de fabrication. Toutefois, cette contrainte n'est jamais énoncée comme telle par les élèves, mais systématiquement convertie comme marge à rajouter.

• **Représentation de l'artefact au moyen de la CAO**

Au cours de la phase 4, les élèves, après une ré-appropriation du logiciel, l'utilisent pour créer un modèle volumique du set de bureau dont ils ont représenté les principales caractéristiques sur le schéma et le cahier des charges.

le modèle volumique... Sur le schéma, ils ont pensé à créer des congés pour adoucir certaines arêtes de leur produit, mais ils n'ont pas anticipé toutes les possibilités : leur schéma ne montre de manière certaine que des congés sur les arêtes verticales. L'un des élèves propose de créer des congés sur les arêtes supérieures. L'argumentation, comme souvent dans cette dernière phase, est basée sur l'esthétique.

Extrait 4.

26. Thomas	<i>Mais non ça on n'arrondit pas ces bords là ! On n'arrondit que les coins comme ça !</i>
27. Aurélien	<i>Je vois pas ce qui...</i>
28. Thomas	<i>On fait l'autre côté maintenant. Mais non. Ça il faut pas arrondir.</i>
29. Aurélien	<i>Mais si ça fait plus beau.</i>

Ici, Thomas utilise le schéma comme trace d'un précédent accord sur les formes. Aurélien, aux commandes du logiciel, modifie le modèle volumique sans tenir compte des injonctions de Thomas. Tous deux discutent en pointant du doigt les différents congés sur l'image obtenue à l'écran. L'image numérique, ainsi que le schéma, se trouvent ainsi au centre d'une discussion sur la fonction esthétique.

... objet-intermédiaire pour discuter d'esthétique et d'usage Dans la suite de la phase 4, les élèves abordent la représentation numérique du grand logement en forme de T. N'ayant pas appris à modéliser un logement d'une forme aussi complexe, ils sollicitent l'aide du professeur. Mais sur le schéma, la définition des formes est incomplète. Thomas et le professeur n'ont pas saisi ce qu'Aurélien a imaginé : un fond arrondi (ligne 36).

Le fait d'avoir à modéliser la forme en trois dimensions amène donc les élèves à lever les ambiguïtés sur une caractéristique de cette forme – le profil de son fond – et à discuter les aspects fonctionnels associés à la forme du fond. Pour Aurélien, c'est pour faciliter la saisie des accessoires que ce logement est conçu avec un fond incurvé.

Ce que nous montrent ces deux extraits, c'est d'abord que la représentation en trois dimensions devient elle aussi un *objet intermédiaire* de la conception. Elle conduit les élèves à

Extrait 5.

30. Professeur	<i>Quelque chose comme ça, dont le fond est arrondi</i>
31. Aurélien	<i>Ouais</i>
32. Professeur	<i>ça c'est faisable. Soit une forme comme ça,</i>
33. Thomas	<i>dont le fond est arrondi,</i>
34. Professeur	<i>dont le fond est plat, sinon, faire à la fois un creux arrondi et une forme compliquée</i> <i>comme ça, là c'est pas la peine d'y penser.</i> <i>[...]</i>
35. Professeur	<i>Parce que, moi, je croyais au départ que votre forme, votre creux il était plat au fond.</i> <i>[...]</i>
36. Professeur	<i>Mais bon il y a autre chose. Si vous faites un creux arrondi au fond</i>
37. Aurélien	<i>Oui</i>
38. Professeur	<i>ça va être très difficile de faire aussi des arrondis au bout</i>
39. Thomas	<i>Eh ben on n'a qu'à faire plat !</i>
40. Aurélien	<i>Non. Pour attraper c'est plus facile.</i>

mobiliser des connaissances propres au domaine de l'usage et de l'esthétique, et à mettre en évidence des questions qui n'avaient pas été abordées à partir des représentations en deux dimensions. Ensuite, elle illustre les difficultés que rencontrent les élèves pour utiliser le logiciel et obtenir les formes souhaitées ; ce travail exigeant à la fois l'analyse géométrique et fonctionnelle, et la sélection des procédures logicielles adaptées.

4.4. Bilan

les représentations
3D, des objets-
intermédiaires ?

Pour la dyade observée, les représentations externes jouent bien le rôle d'*objets intermédiaires*. Le cahier des charges, le schéma, et le modèle volumique ont été médiateurs dans la définition du problème et dans l'explicitation de différents types de contraintes au cours de la construction de la solution. Cependant, les connaissances technologiques mobilisées par ces élèves portent presque uniquement sur des aspects liés à l'usage de l'objet conçu et fabriqué. Par exemple, les contraintes de fabrication ne sont pas mobilisées comme telles par les élèves. Énoncées et explicitées à plusieurs moments de la séquence par le professeur, elles ne sont pas réutilisées dans la conception.

Si les représentations produites à l'aide du logiciel peuvent donc être considérées comme *objets intermédiaires*, ces premières observations montrent que leur obtention est coûteuse. Malgré une phase préalable de prise en main du logiciel, son utilisation pendant la conception est d'abord marquée par la manipulation au détriment des activités d'élaboration de solutions. Le manque d'expérience avec le logiciel agit comme contrainte en réduisant le choix des solutions. Dès que la forme des solutions techniques envisagées ne relève plus d'une géométrie élémentaire, les élèves ont besoin de l'aide du professeur, non seulement pour la

représenter avec logiciel, mais aussi pour évaluer le temps requis par l'ensemble de la réalisation.

5. PERSPECTIVES

Le compte rendu de l'activité d'une dyade, dans un moment scolaire particulier, montre comment un logiciel de CAO peut être utilisé par les élèves à la manière de concepteurs et comment des connaissances technologiques et géométriques peuvent être mobilisées. Ainsi, l'étude fournit un exemple des possibilités d'apprentissage qu'offre une situation de conception réalisable avec les moyens humains et matériels préconisés par les instructions officielles. Elle en signale également la difficulté, notamment sur le plan du travail du professeur.

Elle débouche sur quatre axes de recherche pour l'enseignement et la fabrication :

4 axes de recherche pour l'enseignement de la technologie...

- celui de la construction de dispositifs scolaires permettant la mise en place de situations d'apprentissage reflétant des situations de conception et fabrication en milieu industriel ;
- celui des caractéristiques que devraient avoir des outils matériels et sémiotiques en référence avec ceux du monde de la conception industrielle, pour être utilisés en éducation technologique ;
- celui des modalités d'appropriation de tels outils par les élèves ;
- celui des habiletés professionnelles nécessaires pour les enseignants chargés de conduire leurs élèves dans des activités en référence avec la conception industrielle.

...fondé sur des pratiques de conception et de fabrication

De cette première étude, surgit ainsi la nécessité de comparer différentes façons de familiariser les élèves avec les outils des concepteurs, en particulier avec les logiciels de CAO. Cette familiarisation, au cours d'unités de technologie de l'information, peut être plus ou moins contextualisée en modulant l'importance relative donnée aux aspects liés à l'outil en lui-même et aux aspects technologiques et géométriques. Ceci pourrait influencer l'utilisation ultérieure des logiciels lors de scénarios de conception, ainsi que donner lieu à des variations dans les domaines de connaissances mobilisés. Nous poursuivons notre recherche dans une optique systématique nécessitant d'une part la mise en place de situations de conception réduites visant à évaluer les raisonnements des élèves, et d'autre part, le réinvestissement de la grille présentée dans ce texte pour le traitement des données. L'usage de ces situations réduites pourrait être étendu à d'autres dispositifs scolaires en technologie, tels que des scénarios axés sur la fabrication. Par le présent travail, en constituant des éléments théoriques et méthodologiques,

nous nous sommes engagés dans l'étude de la mise en place, l'observation, et l'analyse des conduites de processus de conception dans des situations scolaires impliquant des outils professionnels.

Alix Géronimi
Laboratoire des sciences de l'éducation,
UPMF et IUFM de Grenoble
Alix.Geronimi@ac-grenoble.fr

Erica de Vries
Laboratoire des sciences de l'éducation,
UPMF et IUFM de Grenoble
Erica.Devries@upmf-grenoble.fr

Guy Prudhomme
Laboratoire sols, solides, structures (3S),
UJF, Grenoble
Guy.Prudhomme@hmg.inpg.fr

Jacques Baillé
Laboratoire des sciences de l'éducation,
UPMF et IUFM de Grenoble
Jacques.Baille@upmf-grenoble.fr

BIBLIOGRAPHIE

BAILLÉ, J. & BRISSAUD, D. (1999). À propos de l'enseignement de la technologie. In D. Brissaud, C. Comiti, L. Dabène & M. Masson (Éds.). *Didactiques, Technologies et Formation Professionnelle*. Grenoble : Publications du LIDILEM. vol. 2, p. 65-77.

BARON, G.-L. & BRUILLARD, É. (1996). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. Paris : PUF.

BELLIÈS, L. (2002). *La conception : processus d'élaboration et d'évaluation de représentations pour l'action*. Thèse de doctorat en ergonomie, École pratique des hautes études, Paris.

COMBARNOUS, M. (1984). *Les techniques et la technicité*. Paris : Éditions sociales.

DARSES, F. (1992). *Mécanismes cognitifs de gestion de contraintes dans la résolution de problèmes de conception*. Communication présentée à ERGO-IA'92, Biarritz, 7-9 octobre 1992.

DAVIES, L.T. (2004). Planning, managing and teaching decision making for 11-14 olds. *PATT/ITEA Albuquerque, New Mexico, USA*.

DE VRIES, E. (1994). *Structuring information for problem solving*. Thèse de doctorat, université de technologie d'Eindhoven, Eindhoven, Pays-Bas.

DE VRIES, E. & DE JONG, T. (1999). The design and evaluation of hypertext structures for supporting design problem solving. *Instructional Science*, n° 27, p. 285-302.

- DEFORGE, Y. (1981). *Le graphisme technique, son histoire et son enseignement*. Mâcon : Champ Vallon.
- GRANGER, G.-G. (1995). *Le probable, le possible et le virtuel*. Paris : Odile Jacob.
- JEANTET, A. (1998). Approches socio-techniques. In M. Tollenaere (Éd.). *Conception de produits Mécaniques, Méthodes, Modèles, Outils*. Paris : Hermès. p. 115-138.
- LAWLER, T. (2001). Explorations in « bottom-up » strategies for the teaching of computer aided design. *PATT/ITEA conference, Haarlem, Netherlands*.
- LEBAHAR, J.-C. (1996). L'activité de simulation d'un dessinateur CAO dans une tâche de conception. *Le Travail Humain*, n° 56, p. 253-275.
- LEBEAUME, J. & MARTINAND, J.-L. (coord.) (1998). *Enseigner la Technologie au collège*. Paris : Hachette.
- LONGCHAMPT, P. (2004). *Co-évolution et processus de conception intégrée de produits : Modèle et support de l'activité de conception*. Thèse de doctorat, INPG de Grenoble, Grenoble.
- MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- MARTINAND, J.-L. (2003). La culture technique et l'école française : entre Prométhée et Sisyphe. *Actes en ligne du colloque européen « La culture technique : un enjeu de société »*. Paris, 20 et 21 novembre 2003.
- PERRIN, J. (2001). *Concevoir l'innovation industrielle*. Paris : CNRS éditions.
- PRUDHOMME, G. (1999). *Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement*. Thèse de doctorat, non-publiée, université Joseph Fourier, Grenoble.
- PRUDHOMME, G. & BRISSAUD, D. (2000). Organisation de la conception de systèmes mécaniques : évolutions et ruptures. *The romanian review of mechanics of precision, optics & mechatronics*, n° 18, p. 1848-1854.
- RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- RABARDEL, P. & WEILL-FASSINA, A. (1984). *L'apprentissage de la géométrie du dessin technique*. INRP, Rapports de recherches, n° 9, p. 8.
- RANUCCI, J.-F. (1999). Démarche de design industriel et CFAO en technologie au collège. *Actes des XXI^e journées de Chamonix*. p. 411-416.
- ROTH, W.M. (1996). Art and Artifact of children's designing : a situated cognition perspective. *The Journal of the Learning Sciences*, n° 5, p. 129-166.
- SIMON, H.A. (1973). The structure of ill-structured problems. *Artificial Intelligence*, n° 4, p. 181-201.
- TICHKIEWITCH, S., TIGER, H. & JEANTET, A. (1993). *Ingénierie simultanée dans la conception de produits*. Université d'été du pôle Productique Rhône Alpes, Aussois.

VÉRILLON, P. (1996). Contribution à l'analyse des situations d'enseignement-apprentissage d'instruments sémiotiques de communication technique. *Aster*, n° 23, p. 185-215.

VÉRILLON, P. (2003). Problème et technologie : brève incursion dans la littérature pour introduire le séminaire. A paraître dans : *Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques*, Cachan, 2001-2002.

VINCK, D. & JEANTET, A. (1995). Mediating and commissioning objects in the socio-technical process of product design : a conceptual approach. In D. MacLean, P. Saviotti & D. Vinck (Eds.), *Management and new technology : design, networks and strategy*. COST Social science series, Bruxelles, Commission of European Union. p. 111-129.

VISSER, W. (1990). More or less following a plan during design : opportunistic deviations in specification. *International Journal of Man-Machine Studies*, n° 33, p. 247-278.

WEILL-FASSINA, A. (1973). La lecture du dessin industriel : perspectives d'étude. *Le Travail Humain*, n° 36, p. 121-140.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE : COPRET (1984). *Proposition de la COPRET pour l'enseignement de la Technologie au Collège*.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1997). *Le nouveau collège : Programmes du cycle central, livret 1*. Paris : CNDP.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1997). *Documents d'accompagnement du cycle central*. Paris : CNDP.

ORGANISER DES ACTIVITÉS DE PRODUCTION À L'ÉCOLE PRIMAIRE SÉLECTIONNER DES MATÉRIAUX AVEC DES ÉLÈVES DE 6 ANS

Marjolaine Chatoney

Les activités de production d'objets figurent aux programmes pour chacun des cycles de l'école primaire. La prescription ne précise ni le type d'objets techniques à produire, ni les fonctions techniques à aborder, ni les matériaux à mettre en forme ou les techniques à mettre en œuvre et encore moins les notions à construire. Elles sont laissées à l'appréciation des enseignants. Ils peuvent agir sur la complexité de l'objet à concevoir et faire varier la manière de distribuer le savoir dans la façon d'organiser l'étude. Ces variations méritent l'attention des didacticiens.

L'objectif de cette étude est de montrer que l'approche par l'interrelation des niveaux fonctionnel, structurel et technique d'un objet et de leur rapport de dépendance permet une organisation des tâches plus riche et plus variée que les préparations plus traditionnelles.

L'étude est faite au cycle 2, avec des élèves de CP (6-7 ans) après une séquence d'enseignement consacrée à l'étude d'un projet de réalisation d'un moulinet de foire pour enfant.

L'éducation technologique à l'école primaire en France est introduite dans un ensemble qui regroupe les sciences de la matière, les *sciences de la vie et de la Terre* et la technologie. L'organisation de l'éducation technologique est déterminée dans l'étude et la réalisation d'objets.

Les activités de production d'objets figurent aux programmes pour chacun des cycles de l'école primaire. Elles sont prescrites dans le cadre d'activités de découverte du monde des objets au cycle 1, puis dans le cadre d'activités de fabrication et réalisations techniques au cycle 2 et pour finir dans le cadre d'activités de démontage de produits et de fabrication d'objets au cycle 3. La prescription ne précise cependant pas le type d'objets techniques à produire, ni les fonctions techniques à aborder, les matériaux à mettre en forme ou les techniques à mettre en œuvre et encore moins les notions à construire. De fait, l'institution s'en remet à l'appréciation des enseignants, ce qui conduit à une variabilité.

Un des moyens de gérer cette variabilité des situations didactiques, consiste à recentrer l'enseignement sur des enjeux de savoir en application avec les programmes et en référence à un cadre représentatif de la discipline. Dans bien des cas, l'idée d'une articulation entre les phases consacrées à l'étude préalable (phase de conception), la production et l'utilisation d'un objet, émerge comme le

l'institution
s'en remet
à l'appréciation
des enseignants

concept potentiellement structurant pour les enseignants (Benson, 1998, 1999 ; Chatoney, 1999 ; Welch & Sook, 1999 ; Merle, 2000).

difficulté
à organiser l'étude
pendant...

Cette articulation inscrit les activités de production dans un champ cohérent avec la réalité des technologies contemporaines (Ginestié, 1999 ; Blandow, 1997 ; de Vries, 1995). Il y a dans cette articulation l'idée de construire des tâches scolaires qui intègrent des éléments liés à la prise en compte des contraintes matérielles, temporelles et techniques dans l'élaboration d'un projet de réalisation d'objet (Benson, 1998 ; Chatoney, 2003 ; Lutz, 1999). Il y a également l'idée de penser la réalisation et de la planifier avant de commencer à agir. Il y a par ailleurs l'idée d'organiser l'action de production. Il y a enfin l'idée d'évaluer le résultat obtenu à l'issue et au cours de ce processus d'une part en le confrontant à l'usage attendu et d'autre part en le comparant directement aux prévisions faites lors de la conception, ou par expérimentation des solutions techniques possibles sur maquettes ou par simulation virtuelle.

Du point de vue des apprentissages fondamentaux, on voit tout l'intérêt de la mise en œuvre des activités de production d'objet technique.

L'étude de conception conduit l'élève à questionner l'objet à réaliser (quelles fonctions ? quel fonctionnement ? quel environnement d'usage ? quelles contraintes ? etc.), à décrire sa structure et les formes des éléments qui assurent la fonctionnalité, mais aussi à comparer des solutions techniques, à choisir des matériaux, à prévoir et organiser la production...

...l'activité
de production d'objet
en technologie

Le travail de production permet entre autres, d'interroger le poste de travail, les techniques, l'application de procédures et la manière dont les activités de production ont été pensées. À ces différentes phases, il convient d'ajouter un travail sur les langages formalisés (Fleer, 1992 ; Parkinson, 1999, 2000 ; Nonnon, 2001).

Les enseignants organisent les activités à caractère technologique essentiellement en fonction des paramètres locaux de la classe. Ils peuvent agir à plusieurs niveaux de complexité d'un objet à concevoir dans l'articulation des niveaux fonctionnels, structurels et de mise en forme d'un produit. Ils peuvent varier la manière de distribuer le savoir dans la façon d'introduire l'objet d'étude, le type de tâches, les difficultés cognitives et l'évaluation... Autant dire que dans ces conditions la question de l'organisation de l'étude en éducation technologique mérite l'attention des didacticiens.

1. CONTEXTE DE L'OBSERVATION ET MÉTHODE

L'objectif de cette étude est de montrer que l'approche par l'interrelation des niveaux fonctionnel, structurel et technique d'un objet et de leur rapport de dépendance permet une

comparer les effets
de 2 modalités
d'organisation
d'une tâche de tri
de matériaux...

organisation des tâches plus riche et plus variée que les préparations plus traditionnelles. L'approche introduit notamment des tâches scolaires liées à la prise en compte des contraintes matérielles, temporelles et techniques dans l'élaboration d'un choix ou d'une solution, comme par exemple les essais ou l'expérimentation. Elle introduit également des tâches d'évaluation du produit en cours aussi bien qu'en fin de processus, en confrontant par exemple l'objet à l'usage attendu ou en le comparant au cahier des charges. Elle introduit aussi des tâches d'anticipation, d'organisation et de planification au travers de problèmes à résoudre comme par exemple la prévision de l'espace nécessaire, le matériel et les outils ou le partage de la tâche et de gestion du temps de production...

L'étude est le résultat d'une observation faite sur des élèves de CP après une séquence d'enseignement consacrée à l'étude d'un projet de réalisation d'un moulinet de foire pour enfant (cf. document 1).

Document 1. Moulinet de foire



La séquence est introduite par une histoire racontée aux enfants. Cette histoire décrit l'objet en situation d'usage. Puis elle est présentée aux élèves, selon deux modalités.

...entrant
dans la fabrication
d'un moulin à vent

Pour une moitié des élèves l'étude du système technique est abordée dans le cadre d'une approche traditionnelle, représentative de ce qui se fait généralement en technologie à l'école primaire. Il s'agit pour l'essentiel d'observation du produit (étude du fonctionnement, des éléments, de la structure, des liaisons, des formes), de description graphique (dessin) et d'un travail de lecture de ressources documentaires (fiche de fabrication).

Pour l'autre moitié, l'étude du système est abordée dans le cadre d'une approche fonctionnelle représentative des méthodes d'analyse des systèmes techniques en milieu industriel. Il s'agit de matérialiser l'objet présenté dans

l'histoire. La matérialisation passe par un travail de maquetage. Il s'agit d'intégrer les contraintes liées à l'environnement d'usage de l'objet (cahier des charges fonctionnel : fonctions, contraintes), d'observer et d'agir sur les maquettes réalisées en pâte à modeler ou en papier, volumiques et en plan (étude du fonctionnement, de la structure, des liaisons et des formes des éléments) d'échanger et de valider les choix possibles et de représenter son projet par le dessin.

le choix du matériau
n'est pas anodin

L'étude de l'organisation de la production et la fabrication du moulinet est différée dans les deux groupes et ne fait pas l'objet de cette analyse. Après la séquence d'étude du projet de réalisation, il est demandé aux élèves de sélectionner des matériaux. Le choix d'un travail sur les matériaux de l'objet n'est pas anodin. Trois raisons le motivent.

La première est que le matériau est un passage obligé du processus de fabrication d'objet. On ne peut penser un objet technique sans se confronter au matériau qui le matérialise (Russo, 1986 ; Leroi-Gourhan, 1943, 1945 ; Jacomy, 1990 ; Haudricourt & Brunhes-Delamarre, 2000). Or l'étude du projet à réaliser consiste à penser l'objet.

La deuxième est que le matériau est un objet de savoir clairement identifié dans les programmes (BOEN, 2002).

La troisième considère le matériau comme un maillon fort et structurant en technologie. C'est un enjeu fort en didactique de la technologie. Il pose des problèmes d'identification et de construction par les élèves d'un certain nombre de concepts essentiels, notamment par l'intérêt des liens entre matériau et objet, matériau et matière, matière et objet (Dagognet, 1998, 1999 ; Chabot & Hottois, 2003).

Compte tenu des contingences matérielles liées au recueil des données, nous avons observé l'activité gestuelle et verbale de quatre dyades (deux d'entre elles sont constituées d'élèves qui ont vécu une approche traditionnelle et les deux autres sont constituées d'élèves qui ont vécu une approche expérimentale) et les productions écrites réalisées par chaque dyade pour effectuer la tâche.

sélectionner
des éléments
pour construire
le moulin à vent

La tâche consiste à sélectionner dans deux ensembles d'éléments, ceux susceptibles de convenir pour faire le manche et l'aile du moulinet et à renseigner pour chacun des ensembles un document. Un ensemble est composé de douze éléments longs l'autre de douze éléments plats. Tous deux présentent des matériaux d'origine différente et des mises en forme industrielles différentes.

L'ensemble des « longs » est constitué de tiges et de tubes profilés de sections différentes et de diamètres différents, d'une planche. On y trouve du carton, du papier, du bois, de l'acier, de l'aluminium, différents plastiques souples et semi-rigides.

L'ensemble des « plats » est constitué d'éléments en feuilles, feuillards, plaques de plastique d'épaisseur et de mise en forme

différentes, plaques obtenues par entrecroisement de fils. On y trouve du carton, du papier, du tissu, du non-tissé, du bois, de l'acier, de l'aluminium, différents plastiques souples et semi-rigides, des mousses.

La forme et les propriétés des éléments à sélectionner seront contraintes par l'usage qui va en être fait.

Le matériau est abstrait et polysémique. L'histoire et la philosophie l'inscrivent dans un processus de réalisation d'objet répondant à un besoin humain. Il doit son existence à l'intervention technique et se situe dans un processus de transformation chose-objet-produit (Dagognet, 1989, 1999). Dans ce processus un premier niveau consiste à séparer la matière du milieu naturel pour en faire quelque chose. Dès lors la matière devient matériau. Un second niveau donne une forme. La forme est plus ou moins temporaire. Cette temporalité situe le matériau à tous les niveaux du processus allant ainsi de la matière au produit. Dans cette approche le matériau se caractérise dans le rapport que l'individu entretient avec l'objet ou avec la matière. Ce rapport dépend du point de vue adopté en fonction des besoins.

L'épistémologie permet de déterminer plusieurs domaines de savoirs associés au concept dans la relation qu'il entretient avec les fonctions, la structure et la mise en forme des éléments d'un objet (Chatoney, 2003). Ces domaines de savoirs sont :

- Les noms des matériaux : les noms à relier à la mise en forme (profilé, feuille, tube) les noms à relier au substrat (bois, plastique...), aux constituants (fer, carbone...), aux métiers (poudreux...).
- L'origine : minérale, végétale...
- Les techniques de mise en forme : plier, couper...
- Les systèmes de production : extractions, transformations, recyclage.
- Les classements : par forme, par substrat, par domaines d'application...
- Les propriétés intrinsèques à la matière, les propriétés des formes données aux éléments (physiques, optiques, mécaniques...).
- Les langages, codages et autres écrits : A-S10 G par exemple signifie qu'il s'agit d'un alliage d'aluminium avec 10 % de silicium et addition de magnésium.

Tous contribuent à l'extension du concept matériau. Tous s'inscrivent dans le processus de réalisation d'objet.

Les écrits sont consignés dans un tableau (cf. document 2). Quatre colonnes apparaissent. La première consiste à indiquer le numéro de référence de l'élément observé, la seconde et la troisième servent à justifier les raisons de l'éliminer ou de le sélectionner, la quatrième consiste à nommer le matériau.

matière / matériau

7 domaines de savoirs
associés au concept
de matériau

**Document 2. Tableau et production d'écrits d'une dyade
de l'échantillon expérimental**

Prénoms : <u>Meryl et Eléo</u>		aile	
numéro du matériau	je l'élimine parce que :	je le garde parce que :	je pense que c'est :
n°1	apaisé on le prend il est pas		le vin
n°2	ya des trous		il et en fait
n°8	l'eau + ces trous		
n°6	il se coupe l'air et il se coupe		maître
n°7			maître
n°4	il est pas dur		
n°5		il se coupe	
n°9	il est dur		le vin
n°3	il se pli et se déchire		
n°10 n°12	il se coupe pas	il se coupe	
	il se pli		

2 documents sont produits pour expliquer comment sont choisis les matériaux

Les matériaux longs ont tous la même longueur, au centimètre près, et les matériaux en feuille sont découpés en carrés identiques de quinze centimètres de côté ; cela permet de réduire les effets du facteur dimension de l'objet et de centrer ainsi l'élève sur d'autres observables moins spontanés pour des élèves de six ans, comme l'épaisseur, la forme de la section qui sont des caractères importants mais moins évidents que la longueur naturellement privilégiée à l'âge de six ans. Chaque élément est référencé par un numéro.

Le document renseigne sur l'ordre du tri, la raison du tri et la connaissance du nom du matériau. Chaque dyade produit deux documents : un pour le manche et un autre pour l'aile. L'analyse des verbalisations permet d'identifier et de comparer les savoirs mobilisés par les différents groupes pour mener l'action, les méthodes et stratégies de résolution.

Les dyades sont comparées entre elles puis mises en relation avec la manière d'enseigner la réalisation sur projet en intégrant le matériau de manière fonctionnelle.

2. ANALYSE DES DOCUMENTS ÉLÈVES

2.1. Savoirs mobilisés par l'action au travers du document à compléter

Le tableau 1 présente les résultats de l'analyse des documents complétés par les dyades. Les résultats des dyades qui ont travaillé dans le cadre de l'approche expérimentale apparaissent sur fond blanc. Ceux des dyades qui ont travaillé dans l'approche traditionnelle apparaissent sur fond gris.

Tableau 1. Savoirs mobilisés dans l'action de sélection d'éléments pour le manche et référence au modèle

	Méryl-Théo	Alexandra – Julien	Mariane – Kévin	Damien – Valentine	Moyenne expé	Moyenne tradi
Propriétés	6	5	2	4	5,5	3
Constituants	1	1	1	1	1	1
Matériaux	1	1	4	3	1	3
Forme	4	1	3	3	2,5	3
Mise en forme	0	0	0	0	0	0
Référence à l'usage	6	7	2	4	6,5	3
Système de production	1	0	0	0	0,5	0
Référence au modèle	0	0	0	1	0	0,5
Esthétique	0	0	0	1	0	0,5
	19	15	12	17		
Moyenne	17,5		14,5			

Ce tableau a été dressé à partir de l'analyse des deux documents : le premier concerne la sélection des matériaux possibles pour le manche, le second concerne la sélection des matériaux possibles pour l'aile.

Neuf catégories sont constituées à partir des domaines de savoirs associés au concept et à l'épistémologie :

- Recours aux propriétés : mécaniques, physiques, chimiques... (par exemple pour les enfants : dur, mou, transparent ou bleu).
- Attribution d'un nom par la matière brute ou ses constituants (par exemple : aluminium, fer ou bois).
- Attribution d'un nom par l'élément, constitué de matière brute et doté d'une forme temporaire, ce qui revient à dire par le matériau (par exemple : tube PVC ou carré en bois).
- Attribution d'un nom par la forme des éléments mis à disposition (par exemple : rond ou carré).

9 catégories pour analyser les productions des élèves

- Évocation d'aptitude et de comportement des éléments à la mise en forme (par exemple : rouler ou plier).
- Prise en compte de l'usage et des contraintes fonctionnelles de l'objet à réaliser (par exemple : tenir et orienter l'objet ou prendre le vent).
- Évocation de la faisabilité technique et de l'outil (par exemple : faire un trou pour percer, couper pour scier).
- Évocation de l'objet présenté comme modèle à fabriquer.
- Prise en compte de l'esthétique du matériau.

Les chiffres correspondent au nombre d'évocations langagières produites par la dyade dans chaque catégorie.

les élèves
qui réussissent
le mieux la tâche...

Le tableau montre que le taux d'évocation de critères de sélection des dyades de l'effectif expérimental est supérieur au taux d'évocation des dyades de l'effectif traditionnel. Les premières ont une moyenne de 17,5 contre 14,5 pour les secondes. Cela peut s'expliquer par l'enjeu attribué à la tâche. Pour les élèves du groupe expérimental, la tâche a du sens, elle s'inscrit dans une problématique de conception, c'est un vrai problème. Ce n'est pas le cas des élèves de l'effectif traditionnel pour qui la tâche n'a pas de réel enjeu. Ce n'est pas un vrai problème puisque la solution existe par ailleurs.

...établissent
des rapports
entre les niveaux
fonctionnels,
structurels...

Si l'on s'intéresse aux critères privilégiés par l'un et l'autre effectif, l'effectif expérimental et l'effectif ordinaire mobilisent tous deux des critères d'usage et de propriétés. Le taux de mobilisation est supérieur pour le premier effectif. La mise en forme et le système de production sont évoqués uniquement par les élèves de l'effectif expérimental. L'esthétique et le modèle apparaissent uniquement dans l'effectif ordinaire. Le fait que le modèle n'apparaisse que dans cet effectif n'est pas surprenant étant donné qu'il n'a pas été exhibé dans l'effectif expérimental. La matière brute ou ses constituants est nommée de la même manière dans les deux effectifs. Les élèves qualifient les éléments en acier du terme générique « *fer* » mais pas l'aluminium.

...et les contraintes
posées par l'unité
de production

Le tableau 2 concerne la sélection des matériaux pour l'aile. Il fait apparaître les mêmes caractéristiques que le premier pour ce qui concerne le taux des critères convoqués. Mais l'écart est plus grand. Les élèves de l'effectif expérimental convoquent en moyenne 20 critères contre 13,5 dans l'effectif ordinaire. Pour ce qui concerne le type de critère privilégié par l'un et l'autre effectif, les écarts sont plus prononcés que précédemment. Les propriétés et le nom du matériau apparaissent comme étant les plus mobilisés par les élèves. Les dyades placées dans l'effectif expérimental les convoquent entre cinq et six fois en moyenne, alors que les dyades de l'effectif ordinaire les convoquent trois à quatre fois en moyenne. La mise en forme et l'usage viennent en second pour les dyades de l'effectif expérimental, alors qu'ils ne sont pas évoqués par les dyades de l'effectif ordinaire. À l'inverse, le modèle et l'esthétique sont convoqués par les dyades de

Tableau 2. Savoirs mobilisés dans l'action de sélection d'éléments pour l'aile et référence au modèle

Ailes						
	Méryl-Théo	Alexandra – Julien	Mariane – Kévin	Damien – Valentine	Moyenne expé	Moyenne tradi
Propriétés	5	5	4	4	5	4
Constituants	1	1	1	1	1	1
Matériaux	3	8	4	3	5,5	3,5
Forme	0	0	4	1	0	2
Mise en forme	3	3	0	0	3	0
Référence à l'usage	6	6	0	0	6	0
Système de production	0	0	0	0	0	0
Référence au modèle	0	0	0	1	0	0,5
Esthétique	0	0	3	1	0	2
	18	23	16	11		
Moyenne	20		13,5			

l'effectif ordinaire et pas du tout par celles de l'effectif expérimental. Le système de production n'est pas évoqué. Un constituant est souvent nommé : le fer.

2.2. Rapport entre savoir mobilisé et qualité de la sélection.

Le processus de sélection met en évidence la hiérarchisation des choix pour la construction du moulinet et les raisons de cette hiérarchisation.

Les dyades de l'effectif expérimental ont privilégié de deux à quatre sortes de matériaux pour le manche. Dans l'ordre de préférence suivant :

- Le tube PVC pour ses propriétés, son ergonomie et la possibilité de le couper.
- Le rond en bois diamètre 10 mm pour les mêmes raisons.
- Le carré en bois pour ses propriétés physiques. Certains documents évoquent que la section carrée n'est pas confortable. Il est noté « *fait mal dans la main* ».
- La tige fine en bois pour sa forme ronde et sa capacité à être coupée. Plusieurs documents relèvent la fragilité de la tige.

Cette sélection montre que les élèves classent en tenant compte des propriétés, de l'ergonomie et de la technique de mise en forme à venir.

des propriétés à l'ergonomie et la technique

1 à 3 sortes
de matériau choisis
par l'effectif
ordinaire...

Les dyades de l'effectif ordinaire ont proposé entre une et trois sortes de matériaux. Dans l'ordre nous trouvons :

- Le carré en bois sans justification de propriétés, ni d'ergonomie, ni de technique mais parce qu'il « *va bien pour le moulin* ». Cet argument est vraisemblablement à rapprocher du fait du modèle exhibé par l'enseignante. « *C'est celui là que nous ferrons !* »
- La tige en bois diamètre 10 mm parce qu'elle est « en bois » sans plus d'argument.
- La tige en bois fine pour les mêmes raisons que ci-dessus.

Pour ce qui concerne le matériau des ailes, les dyades de l'effectif expérimental proposent de retenir entre 1 et 5 échantillons. Dans l'ordre de préférence :

- Le plastique souple parce qu'il se roule bien et permet de réaliser la forme la plus adaptée à la prise au vent.
- Le carton ondulé parce qu'il se roule bien et permet de réaliser la forme la plus adaptée à la prise au vent.
- Le papier calque est retenu pour sa légèreté et ses propriétés de mise en forme roulée.
- Le carton ondulé est retenu après quelques hésitations. Un document relève l'épaisseur du carton ondulé, mais il est retenu quand même parce qu'il se roule parfaitement et qu'il est beau.
- La feuille métallisée pour des raisons de légèreté.

...contre 1 à 5
pour l'effectif test

Les dyades de l'effectif ordinaire proposent entre quatre et cinq sortes de matériaux. Dans l'ordre nous trouvons : la carte pour des raisons d'esthétique et son adéquation non justifiée au moulin (« *ça va bien* ») et le carton ondulé pour des raisons esthétiques.

Viennent ensuite sans ordre de préférence : le non-tissé et le papier calque pour leur légèreté, la feuille métallisée pour sa brillance, la feuille en plastique souple pour son état de surface.

choix par rapport
aux capacités
de mises en forme
pour le groupe test...

La sélection des éléments pour les ailes montre que les élèves de l'effectif expérimental, choisissent en fonction de la capacité de mise en forme du matériau et de sa légèreté. Le matériau des ailes doit pouvoir se rouler sur lui-même conformément à la forme retenue après essais comparatifs des performances de prise au vent sur une aile plate, une aile pliée et une troisième roulée. L'esthétique est un facteur pris en compte mais son importance est minorée par rapport aux autres critères de sélection. Les éléments tissés, non-tissés et en mousse ne sont pas retenus pour les raisons suivantes : les premiers laissent passer le vent, les autres sont susceptibles de se gorger d'eau : « *ça gonfle et ça asperge* » dit un élève. Les éléments rigides ou semi-rigides comme la feuille de polypropylène ou la plaque en acier sont éliminés pour leur rigidité.

...contre un choix
pour des raisons
esthétiques

Les élèves de l'effectif traditionnel, choisissent les éléments d'abord pour des questions d'esthétique. Les propriétés de mise en forme, de légèreté et autres propriétés sont rarement évoquées.

2.3. Constat et discussion

Les documents révèlent deux conceptions différentes. L'effectif expérimental utilise des arguments technologiques. Il inscrit son action dans un cadre contraint et prédéfini qu'il domine plus ou moins bien. L'autre a des arguments qui renvoient uniquement à des propriétés esthétiques ou à ce qui est vu sur le modèle. Son action ne s'inscrit pas dans un cadre précis.

plusieurs possibilités

Ces analyses montrent que les élèves de l'effectif expérimental disposent et mobilisent des critères relatifs aux contraintes fonctionnelles et d'usage, au comportement et à la faisabilité technique pour sélectionner des matériaux que les élèves de l'effectif ordinaire n'ont pas. Ceci va dans le sens de notre hypothèse. L'étude des discours doit permettre de confirmer ces faits.

3. ANALYSE DES DISCOURS

L'analyse des discours permet de distinguer les critères de différenciation des matériaux évoqués par la tâche, les connaissances mobilisées pour effectuer la tâche, et les éléments perturbateurs ou catalyseurs de l'action.

3.1. Savoirs mobilisés et méthode opératoire pour différencier les éléments

Dans le tableau 3, nous présentons les critères utilisés par les élèves pour différencier les éléments pendant l'action. Il permet de comparer les processus de sélection que les élèves font pour effectuer la tâche.

interroger la forme par sa mise en forme aussi

Tableau 3. Moyens pour différencier les éléments

Critères		Méryl – Théo	Alexandra – Julien	Mariane – kévin	Damien – Valentine
Différenciation	Forme	11		3	
	Constituant	3		6	
	Matériau	2		4	
	Esthétique	6		6	

Le tableau 3 montre que les dyades de l'effectif expérimental comparent quatre fois plus par la forme que les dyades de l'effectif ordinaire. Dans les deux groupes les élèves mobilisent les aspects esthétiques, ce qui n'apparaît pas dans les

fonctionnalité
et esthétique

documents. La tâche mise en place par la maîtresse dans le groupe expérimental est plus technique que l'autre. Il est possible que par écrit les élèves de l'effectif expérimental aient intériorisé l'esthétique du fait que cet aspect n'est pas essentiel dans leur projet. Mais cela ne les empêche pas de l'évoquer dans leurs discours. Notons également que les dyades de l'effectif ordinaire utilisent aussi plus souvent le matériau comme moyen de discrimination.

Pour illustrer ces résultats, voici quelques exemples de différenciation extraits d'échanges de dyades.

Dans le premier exemple de différenciation par esthétique dans l'effectif traditionnel, K et M regardent les éléments.

K :	[Elle touche la tâche de rouille.] <i>Ça fait un petit peu sale je trouve. Regarde celui-là si il est beau.</i> [C'est un rond, fin, rigide, transparent et bleu.]
M :	<i>Il y en a un autre pareil mais en rouge.</i> [C'est un rond, fin, souple, transparent et rouge. Elle tord l'un et l'autre.] <i>Le bleu il est plus dur.</i>
K :	<i>Regarde les blancs.</i> [Elle tord les 2 tubes en PVC, l'un rectangulaire, l'autre rond. le rectangulaire se déforme définitivement.] <i>Celui là, il revient pas, on croirait qu'il est cassé. Lui il tient au moins !</i>
M :	<i>Celui là aussi c'est du plastique.</i> [Elle prend à son tour le rond, fin, souple, transparent et rouge, le tord et le roule en bobine.] <i>On croirait un chewing-gum, il est mou, regarde !</i>
K :	<i>Heureusement que ce n'est pas le bâton qu'on a choisi. On l'enlève ?</i>
M :	<i>Oui.</i>

amorce de relation
structure-fonction...

Dans la discussion les élèves testent les éléments par propriétés. Il y a l'amorce d'une relation structure-fonction. Mais pour résoudre la tâche il faut répondre juste. C'est-à-dire donner la réponse juste : celle du modèle exhibé. Le choix est à vide.

Dans le deuxième exemple de différenciation par forme dans l'effectif expérimental, M et T commencent la tâche. M sort une petite planche en bois et la palpe. C'est l'élément long le plus gros.

M :	<i>C'est lourd</i>
T :	<i>Non c'est pas lourd. On dirait que c'est du bois.</i>
M :	<i>On l'élimine ?</i>
T :	<i>Oui... non on peut le garder parce qu'avec un marteau on peut enfoncer quelque chose.</i>
M :	[Écrit.] <i>J'ai écrit ça.</i> [Elle montre le tableau.]
T :	<i>Oui, ça va. Mais là il faut dire pourquoi.</i>
M :	[Elle prend la planche.] <i>Il n'est pas du tout bien.</i>
T :	[Il prend la planche à son tour.] <i>Oui. Il n'est pas du tout bien</i>
M :	<i>Il ne va pas celui là.</i>
T :	<i>Est-ce que je l'élimine ? Faut dire pourquoi !</i>
M :	<i>Il est trop gros. Regarde je le tiens pas dans la main.</i>

Dans cet échange les élèves commencent par l'étude des propriétés de l'élément le plus gros. Ils font le lien entre fonction, structure et pensent à une technique de liaison entre l'aile et le manche. Notons que les élèves ne pensent pas pour

...établie
dans le groupe test

autant à une mise en forme plus ergonomique par sciage. Ceci vient des éléments de la collection exposés sur la table. Ces derniers sont plus fins, certains sont en bois. Immédiatement après cet échange les élèves extraient les éléments les plus ergonomiques, c'est-à-dire tous les ronds, pleins et creux, de diamètre 10.

Le troisième exemple est un exemple de différenciation par constituants dans l'effectif traditionnel : D et V commencent par classer les éléments. Ils nomment et reconnaissent le matériau immédiatement par les caractéristiques de son constituant (tâches de rouille et reflet métallique des aciers, fibres et texture du bois)

D :	<i>Tu as vu celui là c'est du fer ! Il est lourd.</i>
V :	<i>Oui purée ! Il est lourd.</i>
D :	<i>Les en bois... il y a celui là, celui là, celui là. [Il les sort un par un.] Bon on les met où ?</i>

Pour résoudre la tâche, les élèves commencent par un repérage des éléments par leur matière brute ou leur constituant. Les mots « *fer* » ou « *bois* » leurs permettent de parler exclusivement du groupe des éléments en acier ou du groupe des éléments en bois... c'est un premier classement par matière brute. Le vocable « *fer* » exclut l'aluminium.

Ces exemples montrent quelques unes des méthodes privilégiées par les élèves pour distinguer les échantillons.

3.2. Vocabulaire convoqué pour caractériser les éléments

Dans le tableau 4 nous avons relevé le vocabulaire utilisé pour parler des échantillons.

Tableau 4. Dénomination des caractères des éléments

Critères		Méryl – Théo	Alexandra – Julien	Mariane – kévin	Damien – Valentine
Dénomination	Propriété	21		11	
	Matériau	2		5	
	Forme	4		4	
	Usage	23		0	
	Systèmes de prod	3		0	

Ce tableau fait apparaître un écart important entre les deux organisations de l'étude. En effet, les dyades de l'effectif expérimental parlent davantage des propriétés et des conditions d'usage qui vont déterminer le choix du matériau. Elles mettent à distance la nature du matériau. Ce n'est pas le cas

plus d'évocation
des propriétés
et des conditions
d'usage dans
le groupe test

des dyades de l'effectif ordinaire. Ces élèves apparaissent plus enclins à désigner la matière constitutive des éléments que leurs camarades. Par exemple ils disent fréquemment : « *c'est du bois* », « *les en bois* » ou « *ceux en plastique* » ce qui est rare dans l'effectif expérimental.

En revanche les élèves de l'effectif ordinaire évoquent moitié moins les propriétés que leurs camarades. Par ailleurs le tableau indique que seules les dyades de l'effectif expérimental évoquent la faisabilité technique locale et l'outil de mise en forme qui renvoient au système de production. Cependant nous constatons que le lien à l'unité de production bien que présent, reste peu élevé par rapport à l'usage.

Des extraits de conversations d'élèves illustrent la perspective technique et sa faisabilité. Dans l'extrait qui suit les élèves de l'effectif expérimental sont sur le point d'éliminer un échantillon. Ils recourent à la faisabilité technique avant de décider l'élimination ou non des éléments. Tandis que J. tient en main le carré en bois, A. note les réponses sur le document.

A :	<i>On l'élimine ?</i>
J :	<i>Oui, on l'élimine.</i> Il saisit la tige en bois fine et compare les deux. [A. commence à écrire.]
J :	<i>Non ! On peut le garder parce qu'avec un marteau on peut enfoncer quelque chose. Regarde, il est plus grand.</i>
A :	<i>Sort sa règle, mesure. Vingt huit. On peut le couper ?</i>
J :	<i>Il faudra le couper avec la scie.</i>

Dans l'extrait suivant les élèves combinent la capacité de mise en forme d'une feuille métallisée très séduisante et ses propriétés par rapport au choix de réaliser une aile roulée conformément aux essais. L'élément est coloré et a des éclats métalliques. Théo le retiendrait pour son esthétique et ses propriétés. Meryl lui montre que certaines propriétés ne conviennent pas pour l'aile.

T :	<i>Du papier doré. Du papier ? Je me souviens plus</i>
M :	<i>Du papier brillant.</i> [Elle prend et observe attentivement l'élément.]
T :	<i>Ha ! Celui là ça devrait marcher parce que le vent, ça le traverse pas et c'est léger.</i> [M. Secoue, roule, plie, froisse la feuille métallisée dorée, puis tente de le remettre à plat.]
T :	<i>Mais arrête de l'abîmer ! Mais alors !!!</i>
M :	<i>Il se froisse</i>
T :	<i>Mais non !</i> [Il le redresse du plat de sa main.]
M :	[Elle le reprend et l'éprouve à nouveau. Un coin se déchire.] <i>Il se casse</i>
T :	<i>C'est bon. Il peut se rouler mais ça se froisse. Il se froisse et il se casse.</i> [M. écrit.]

Meryl et Théo font référence aux propriétés de la prise au vent mises en évidence expérimentalement. Ils se rappellent qu'une aile doit être lisse, non poreuse, légère et suffisamment rigide pour ne pas se déformer sous l'effet de l'air. Meryl

montrer le moulin
avant le choix
des matériaux...

s'assure que la feuille métallisée possède ces propriétés. L'état de surface « lisse » est incertain dans ce matériau. La feuille froissée ne reprend pas son aspect lisse de départ. Comme Théo n'est pas convaincu, elle refait la démonstration et en profite pour mettre en évidence la fragilité de ce matériau. Théo devant les faits accepte de ne pas retenir cet élément qu'il avait préalablement retenu pour sa légèreté et sa surface impénétrable par le vent et laisse Meryl écrire.

...oriente
la discussion
vers les critères
esthétiques

Dans ces échanges, on voit bien que les élèves de l'effectif expérimental font référence au dispositif didactique. L'élément doit être fonctionnel avant tout. L'esthétique passe au second plan. Ce qui n'est pas le cas des autres pour qui l'esthétique prime sur le fonctionnel.

Ces échanges illustrent la manière dont les élèves du dispositif expérimental reviennent sur une décision hâtive, raisonnent leur action et régulent le tri.

3.3. Trier en équipe

trier en équipe
génère...

Le travail en équipe impose certaines règles de fonctionnement susceptibles d'agir sur la production du tri effectif. Deux types de discussions agissent directement sur le tri. Certains fonctionnements sont de véritables manœuvres menées par un élève en vue d'aboutir à un accord, ce sont des phases de négociation. D'autres bloquent toute discussion, ou perturbent la situation. Ce sont des conflits.

Le tableau 5 présente la fréquence de ces événements au cours de la tâche.

Tableau 5. Négociations et conflits entre élèves

Critères	Méryl – Théo	Alexandra – Julien	Mariane – kévin	Damien – Valentine
Négociation	9		9	
Conflits	15		3	

...négociations
et conflits

Ce tableau montre que la part de négociation est la même dans les deux situations. Mais il y a plus de conflits chez les élèves de l'effectif expérimental que dans l'autre effectif. Cet écart s'explique par l'enjeu attribué à la tâche. Il y a plus d'enjeu dans le groupe expérimental ce qui augmente la possibilité de conflit.

Les conflits ont plusieurs origines mais les conflits bloqués sont rares. Dans cette tâche nous avons rencontré des conflits légers de répartition des rôles dont nous allons donner quelques exemples.

Théo n'est pas d'accord avec l'emplacement de la réponse écrite par Meryl. Selon lui, il fallait écrire dans la colonne « *je ne le retiens pas parce que...* »

T :	<i>On a mis l'eau passe au travers, donc il ne va pas.</i>
M :	<i>C'est pas l'eau c'est le vent</i>
T :	<i>C'est pas imperméable donc c'est la pluie qui passe au travers.</i>
M :	<i>Je ne suis pas d'accord</i>
T :	<i>Tu sais ce que ça veut dire imperméable ?</i>
M :	<i>Bien sur. J'en ai un d'imperméable. Je sais que ça m'empêche de me mouiller.</i> [Elle saisit un élément et abandonne la tâche d'écriture.]

accord sur le tri
après négociation

Dans cet échange Meryl ne veut pas admettre son erreur tandis que Théo la prend de haut. Meryl se bloque et décide de ne plus écrire.

Les conflits sont le plus souvent de simples bruits. Ainsi, Alexandra et Julien sont en décalage temporel entre l'effectuation du tri et l'écriture des résultats. Ils se mettent d'accord sur le tri, mais l'écriture du document est incomplète. Ceci produit du bruit et engendre un conflit de répartition des rôles :

A :	<i>J'ai écrit ça.</i>
J :	<i>Oui, ça va. Mais là. Il lit : je l'élimine parce que... Là, il faut dire pourquoi.</i>
A :	[Elle passe la feuille à J.] <i>À toi d'écrire !</i>

et entraide
pour compléter
les documents

La saisie écrite du document produit du bruit mais peu de conflits réels. L'élève de CP n'a généralement ni l'habileté nécessaire pour écrire, ni la syntaxe, ni l'orthographe. L'élève qui se charge de l'écriture est « protégé » par ses camarades. Ces derniers sont attentifs. Généralement ils le soutiennent, l'aident, l'attendent ou le remplacent. Par exemple Marianne se propose pour remplacer sa camarade : « *T'en as pas marre d'écrire ?* » Karine admet : « *Si, un peu* » et passe la fiche.

Dans l'extrait qui suit, Julien rappelle ce qu'il faut écrire dans le document et où il faut écrire, car Alexandra a tout écrit dans la même colonne :

J :	[Montre la colonne à Alexandra.] <i>Mais ça aussi il faut le faire !</i>
A :	<i>Mais non !... on a fait tout ça. Mais après il faut faire tout ça ?</i> [Elle montre l'autre colonne à remplir.]
J :	<i>Tout ça... Si tu penses que c'est bien et bien tu fais là. Mais tu n'es pas obligée de remplir tout. Réfléchis un peu. Elle a rien compris !</i>

La négociation est ponctuelle. Elle se produit quand un élève n'est pas convaincu par la proposition d'éliminer ou non un échantillon. Par exemple Théo et Meryl négocient la raison de l'élimination qui doit figurer dans le document :

T :	[Les échantillons en acier toujours en main.] <i>Ceux là, ils sont très durs.</i>
M :	<i>C'est plutôt lourd !</i>
A :	<i>C'est plutôt lui qui est lourd.</i>
T :	<i>Trop dur, trop lourd.</i>
M :	<i>Le 6 oui [c'est le tube en acier]</i>
T :	<i>Non s'il tombe par terre tu te fais mal et puis en plus ça peut se rayer, tu vois cette couleur, ça se raye... et en plus ça fait mal.</i>

3.4. Constat et discussion

L'analyse des échanges confirme les observations faites sur les documents et apporte des précisions sur la manière d'effectuer la tâche et de modifier son action.

la situation test permet aux élèves de construire le sens de la tâche...

Dans l'effectif expérimental la tâche apparaît comme un enjeu. Les élèves de ce groupe inscrivent l'action dans un cadre contraint par l'usage et la fonctionnalité de l'objet. Ils cherchent une solution. Dans l'effectif traditionnel la tâche a peu d'enjeu. Les élèves ne donnent pas de sens à la tâche. Ils l'effectuent dans le sens de la solution attendue sans vraiment interroger les raisons du choix d'un élément plus qu'un autre. Ceci explique qu'il y a davantage de conflits dans l'effectif expérimental que dans l'effectif traditionnel.

Sur la manière d'identifier l'élément élu ou les éléments possibles, deux méthodes se distinguent entre l'échantillon expérimental et l'échantillon ordinaire. Les dyades du dispositif expérimental trient par propriétés, par forme, par usage ou par action technique. Elles en oublient le matériau et ne le nomment pas pendant l'action. Les dyades du dispositif ordinaire orientent le tri dans le sens du modèle et de ce qu'ils ont vu. L'action consiste par exemple à isoler l'échantillon qu'ils ont vu sur le modèle.

...les procédures utilisées sont alors plus intéressantes

Ainsi l'échantillon reconnu sur le modèle n'est pas éliminable. Il est forcément l'élu. Et par extension, comme plusieurs échantillons sont en bois, la logique des grandes familles de matériaux prend le dessus : l'action consiste par exemple à retenir la famille des bois sans discernement des propriétés dues à la mise en forme. À Damien qui lui demande son avis : « *Moi j'hésite entre 7 [Rond en bois] et 3 [tige fine bois]. Le 7 il est peut-être un petit peu court. Regarde.* ». Valentine répond : « *Les deux, ils vont pas pour le moulin.* »

Pour ces élèves peu importe l'ordre entre ces deux matériaux. Le modèle a un manche en bois carré, du coup, ni l'un ni l'autre de ces deux matériaux ne font l'affaire. Ainsi le bois carré l'emporte. Mais la classe des bois l'emporte sur les plastiques...

Le caractère contingent du cahier des charges dans le dispositif expérimental agit sur la réalisation de la tâche ou sur la définition de la tâche qu'ils se donnent. Ces élèves s'appliquent à respecter le cahier des charges qu'ils se sont fixés. Ils font appel à des contraintes techniques de mise en forme des

éléments du moulinet de foire et de leur assemblage fonctionnel. Ces élèves ont des arguments pour décider, convaincre ou orienter leur action dans le sens du projet à produire.

4. CONCLUSION

Cette étude montre que les élèves qui ont abordé le projet de production dans une organisation faisant place à la modélisation d'artefacts, aux essais sur maquettage, à l'observation et l'identification de problèmes fonctionnels et techniques, au débat et à la validation de solutions, placent l'action de tri des matériaux dans une problématique d'intégration de contraintes fonctionnelles, techniques et de faisabilité.

passer plus de temps
à interroger
les raisons
d'existence
de l'objet...

Ce n'est pas le cas des élèves qui ont abordé le projet de production dans une organisation faisant place à l'observation du fonctionnement d'un modèle, l'identification et l'observation par démontage-remontage des éléments de l'objet et de l'assemblage fonctionnel de ces éléments entre eux.

Pour les premiers, la sélection s'inscrit dans une démarche qui cherche à comprendre les rapports entre les niveaux d'intégration de l'objet. Les matériaux sélectionnés, la mobilisation de savoirs, les méthodes de différenciation et les arguments pour trier participent à la qualité du travail de tri opéré par ces élèves.

...qu'à le fabriquer

Pour les seconds, la sélection s'inscrit dans une démarche qui traite des questions de fonctionnalité, de structure et de mise en forme sans mise en relation avec l'objet à concevoir et les problèmes que cela pose.

Le professeur, tout en organisant les tâches, doit prendre conscience des spécificités épistémologiques qui fondent l'objet. Ces dernières fixent le cadre des activités de production dans une dynamique conceptuelle, non linéaire mais instrumentée.

M. Chatoney
UMRADEF – IUFM d'Aix-Marseille, France.
m.chatoney@aix-mrs.iufm.fr

BIBLIOGRAPHIE

- BENSON, C. (1999). Quality in the making in Second International Primary Design and technology Conference. In *CR IPT. UCE*, n° 3, July. England : Birmingham : *CR IPT*.
- BENSON, C. & TILL, W. (1998). Design and Technology Conference Processing. In *CR IPT. UCE*, n° 2, June. England : Birmingham : *CR IPT*.

- BLANDOW, D. (1997). Paradigmenwechsel und Trends. In D. Blandox & W. Theuerkauf. *Strategien und Paradigmenwechsel zur technischen Bildung*. Hildesheim : Verlag Franzbecker. p. 75-81.
- CHABOT, P. & HOTTOIS, G. (2003). *Les philosophes et la technique*. Paris : Vrin.
- CHATONEY, M. (1999). *Sciences et technologie à l'école primaire, étude des pratiques en technologie*. Mémoire de DEA, université de Provence, Aix-Marseille.
- 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.
- DAGOGNET, F. (1998). *Éloge de l'objet, pour une philosophie de la marchandise*. Paris : Vrin.
- DAGOGNET, F. (1999). *Les outils de la réflexion*. Le Plessis-Robinson : Institut synthélabo.
- DE VRIES, M. (1995). L'enseignement technologique au Pays-Bas et autres pays d'Europe. *Skholê*, n° 3, p. 63-83.
- FLEER, M. (1992). Introducing technology education to young children : a design, make and appraise approach. *Research in Science Education*, n° 22, p. 132-139.
- FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2002). Programme de l'école primaire. *BO*, hors série n° 1 du 14 février 2002.
- GINESTIÉ, J. (1999). *Contribution à la constitution de faits didactiques en éducation technologique*. Note de synthèse d'habilitation à diriger des recherches, non publiée, université de Provence, Aix-en-Provence.
- HAUDRICOURT, A. & BRUNHES-DELAMARRE, M. (2000). *L'homme et la charrue à travers le monde*. Tournai : la renaissance du livre.
- JACOMY, B. (1990). *Une histoire des techniques*. Paris : Éd. du Seuil.
- LEROI-GOURHAN, A. (1943). *L'homme et la matière*. Paris : Albin Michel.
- LEROI-GOURHAN, A. (1945). *Milieu et techniques*. Paris : Albin Michel (rééd : 1973, 2000).
- LUTZ, L. (1999). *Contribution à l'élucidation des contenus et des modalités d'enseignement de la technologie à l'école élémentaire. Comment les élèves de l'école élémentaire construisent-ils du sens en technologie : situation d'action, d'échange verbal et graphique dans l'utilisation, la fabrication et la conception d'objets techniques*. Thèse de doctorat, université de Bordeaux 1, Bordeaux.
- 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*, n° 1, p. 60-73.

RUSSO, F. (1986). *Introduction à l'histoire des techniques*. Paris : Albert Blanchard.

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 ensemble, parce que là, c'est vous qui allez essayer de comprendre tous seuls comment l'objet que nous allons fabriquer ensemble 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 ...

... confiée
aux élèves

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.

• **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 raccrochant 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 (M³) : « 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 M³)

... 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'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.

l'explicitation
du premier modèle
de solution ...

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 roule et cette voiture elle roule pas [...]</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 dramatique, hein. N'en faites pas une maladie. On va pas se battre 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 rotation des roues, le fait qu'elles tournent, se passe avec un minimum de frottement. 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 explicitier 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 axe ou un arbre 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 système de fixation.</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 c'est un vocabulaire que peut-être vous ne maîtrisez pas</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 :	Fixation ça veut dire quoi ?
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 :	J'ai pas compris l'axe
207 M' :	<i>Alors, l'axe c'est ce qui relie les deux roues entre elles</i>
[...]	
211 Tho :	Moi c'est le châssis
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. Autant que vous connaissiez le bon mot hein [...]</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 mettre du scotch 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 mettre soit des agrafes 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 mettre plus de pâte à modeler, 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 plus de pâte à modeler 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 le liège et ben ça tient, 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 la roue est solidaire de l'axe, c'est-à-dire qu'elle est fixe. 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 des roues fixes avec un axe libre . La voiture d'Emma elle avait des roues fixes avec un axe libre. Là qu'est-ce qu'on a ?
<i>Les roues est-ce qu'elles sont fixes ?</i> |
| 388 E : | <i>Non.</i> |
| 389 M' : | <i>Elles sont quoi les roues ? Si elles sont pas fixes ?... Elles sont comment ?</i> |
| 390 E : | Pas fixes |
| 391 M' : | <i>Non. Si elles sont pas fixes ? Est-ce qu'elles sont fixes les roues là ?</i> |
| 392 E : | <i>Oui.</i> |
| 393 E : | <i>Non.</i> |
| 394 M' : | <i>Non alors elle sont... ? Elles sont libres. Bon et par contre l'axe, il est... ?</i> |
| 395 E : | Pas libre. |
| 396 Fan : | <i>Il est fixe.</i> |
| 397 M' : | <i>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 ?</i> |
| 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^e 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.

LE STATUT DE L'ARTEFACT DANS LE DISCOURS DE L'APPRENANT

Marc Weisser

L'interaction entre le sujet apprenant et son environnement peut s'opérer par le truchement d'outils linguistiques. Elle peut prendre la forme également d'une médiation par les objets techniques. Une activité de construction de fusées à eau est proposée à une classe de Cycle 3 (9-10 ans). Une première série d'artefacts, élaborés en dehors de toute concertation, est lancée. Elle ne permet pas d'identifier quelles sont parmi leurs caractéristiques celles qui ont une relation avec la hauteur atteinte. Au cours de la discussion apparaît l'idée d'un traitement séparé des traits distinctifs. La classe se sert alors d'un instrument symbolique, le tableau des variables, pour concevoir une nouvelle série d'artefacts matériels. Le débat qui suit le second tir valide la méthode employée et conclut quant aux caractéristiques pertinentes du prototype à retenir.

Cette étude montre que le statut des artefacts conçus et utilisés par la classe oscille d'un épisode à l'autre du pôle objet au pôle instrument, chacun contribuant à tour de rôle à perfectionner l'autre.

1. APPRENTISSAGE ET MÉDIATION

Ce n'est que rarement que le sujet humain entre en contact direct avec son environnement. À plus forte raison quand il est animé par l'intention d'apprendre : se distancier du monde qui l'entoure pour le ressaisir, pour le comprendre, nécessite alors de faire appel à des dispositifs de médiation. Rousseau le déplore quand il avance dans l'Émile que « la puissance humaine agit par des moyens, la puissance divine agit par elle-même » (1999, 347), pour finir par inciter le pédagogue à la méfiance envers le langage : « resserrez donc le plus qu'il est possible le vocabulaire de l'enfant. C'est un très grand inconvénient qu'il ait plus de mots que d'idées, et qu'il sache dire plus de choses qu'il n'en peut penser » (ibid., 58) ; pour une critique de cette position, on peut se reporter à Weisser (2004).

contact direct avec
la nature...

Les avancées de la psychologie de l'apprentissage conduisent désormais à soutenir la thèse inverse. Vérillon (2004,163) nous rappelle « la thèse vygotskienne (...) qui postule un double enracinement de la pensée humaine, d'une part dans des activités mettant en œuvre des signes, et d'autre part dans celles mobilisant des outils ». La médiation entre le sujet humain et le monde est donc double, assurée non seulement par les langages, de la langue maternelle aux codes formels comme l'algèbre, mais également par des moyens matériels fabriqués dans ce but.

...ou médiation
par les artefacts ?

Médiation double, médiation indispensable aussi : s'il s'agit de comprendre le monde physique ou social, cela passe en premier lieu par la maîtrise des instruments grâce auxquels nous avons prise sur lui. Cette opinion est couramment admise s'agissant de la langue maternelle, qui fait désormais – et à juste titre – l'objet d'une attention de tous les instants (MEN, 2002). Mais l'interaction entre le sujet apprenant et son milieu de vie, ses pairs, l'enseignant, s'opère également par le truchement d'artefacts matériels. Ces derniers incarnent une pensée, « *matérialisent le processus de conception lui-même* », à l'instar des dessins techniques qui ont conduit à leur réalisation (Brassac & Grégori, 2003, 112) ; en user implique en outre de faire siens les gestes que leurs caractéristiques physiques réclament. La transmission de ce capital culturel relève elle aussi des finalités principales d'un système éducatif.

Lebeaume (1996, 33) souligne d'ailleurs que dès 1977, l'Éducation nationale met l'accent sur la fabrication d'objets, et plus encore, sur l'effet que la fabrication d'objets aura sur l'élève. Autrement dit, le processus de réalisation d'un artefact se conçoit comme une source d'apprentissages en lui-même.

C'est ce que cet article se propose d'étudier, à travers les variations du statut d'un objet : tantôt pensée hypothétique incarnée quand il s'agit de tester des solutions techniques alternatives, tantôt outil autorisant des observations empiriques qui visent à valider ces hypothèses, tantôt produit fini respectueux d'un cahier des charges reprenant les hypothèses validées.

Mais cette relation entre production d'artefacts et apprentissage demeure discutée à plus d'un titre.

travailler ensemble
pour concevoir
un objet

Selon Vygotsky (1985, 43), « *l'instrument psychologique se différencie fondamentalement de l'instrument technique. Le premier s'adresse au psychisme et au comportement, tandis que le second, tout en constituant aussi un intermédiaire entre l'activité de l'homme et l'objet externe, est destiné à obtenir tel ou tel changement dans l'objet lui-même* ». Comment alors imaginer tirer un bénéfice cognitif de la réalisation matérielle ? Quel(s) rôle(s) fait-on jouer à ce qui est fabriqué ? À quelles conditions les instruments techniques et les instruments psychologiques conjuguent-ils leurs effets ?

Par ailleurs, la réalisation d'objets en milieu scolaire se situe fréquemment au confluent d'activités technologiques et d'activités scientifiques. De quoi témoigne alors l'objet : d'une possibilité d'obtenir des avantages matériels ? De lois nomothétiques ? Qu'est-ce qui valide finalement sa conception ? Les deux didactiques disciplinaires sont-elles complémentaires ? Se rencontrent-elles sur des compétences communes ?

Le champ de la recherche qui s'occupe de la médiation par les instruments techniques et de son rôle structurant dans le

une dynamique
sociale

développement du sujet reste peu exploré (Vérillon & Rabardel, 1995, 96). Pourtant, les formes de rationalité et d'objectivité invoquées lors de telles activités requièrent toute notre attention ainsi que les discours oraux et les représentations, iconiques ou symboliques, produits pour les penser et les retravailler en commun (Martinand, 1998, 273). Nous nous centrons dans notre étude sur l'analyse de moments de travail collaboratif, dans le but d'en saisir la dynamique d'évolution, croisant les progrès cognitifs obtenus lors de la conception d'un objet avec les influences sociales qui s'exercent au sein d'une classe (pour un travail analogue portant sur un groupe d'ingénieurs experts, voir Brassac & Grégori (2003)). Mais nous voudrions auparavant approfondir la définition de certains concepts juste entrevus dans ce qui précède.

2. OBJETS, ARTEFACTS, INSTRUMENTS

2.1. Les artefacts

les artefacts ont
une histoire

Il semble en effet opportun de réfléchir aux spécificités du rapport de l'apprenant avec les objets fabriqués. Et ce, par contraste avec les enseignements qu'il peut retirer du contact avec le monde naturel. Cette opposition est cependant rarement prise en compte par les paradigmes qui actuellement dominant dans le champ de la psychologie (Vérillon & Rabardel, 1995, 80). Et pourtant : contrairement à la *nature* chère à Rousseau, la fusée à eau qui nous servira à étayer notre thèse a une histoire qui témoigne de l'évolution d'une pensée. Et c'est justement, d'un tir à l'autre, l'élaboration de cette histoire par la classe qui est le moteur de l'apprentissage. Les phénomènes empiriques sur lesquels les élèves se basent pour valider leurs hypothèses de construction ne sont plus simplement observés et subis, mais au contraire provoqués, maîtrisés, faisant l'objet de conjectures méthodiquement formulées. Les états successifs des séries de fusées qui ont été lancées (voir ci-dessous) scandent les étapes de la progression de la classe. On peut donc supposer dans ces conditions que le développement cognitif présente un visage particulier quand il emprunte la voie de la conception d'un artefact.

Rabardel (1995, 59) définit ce dernier comme « *toute chose ayant subi une transformation, d'origine humaine (...), susceptible d'un usage, élaborée pour s'inscrire dans des activités finalisées* ». Et il range dans cette catégorie à la fois des objets matériels et des systèmes symboliques. Ce point de vue nous éclaire sur la nuance qui existe, par exemple, entre un caillou que l'on ramasse au hasard pour enfoncer un clou, et un marteau créé spécifiquement pour ce même usage. L'objet manufacturé présente un agencement de propriétés recherchées (commodité de l'usage, tant dans la préhension

les artefacts
orientent
leur utilisation

que dans la percussion), qui anticipe les fonctions qui seront actualisées par l'utilisateur (Andreucci, Froment & Vérillon, 1996, 184). Rabardel (1995, 9) va d'ailleurs jusqu'à parler d'objets non plus techniques, mais anthropotechniques, « *c'est-à-dire pensés, conçus en fonction d'un environnement humain* » : le manche d'un marteau présentera un profil adapté à la main. L'exemple des bicyclettes construites sur mesure pour les athlètes illustre bien ce souci d'ajustement maximal des caractéristiques du produit à la morphologie et aux attentes de l'utilisateur. Cette volonté d'intégration des contraintes ne s'arrête même pas au seuil de l'individu, puisque plusieurs machines sont mises à la disposition du coureur, une sélection de second niveau s'opérant au vu du profil du parcours.

L'artefact, en ce qu'il oriente son usage futur, est comparable à un texte, qui lui aussi contient les instructions nécessaires à sa lecture : « *Un texte est un produit dont le sort interprétatif doit faire partie de son propre mécanisme génératif ; générer un texte signifie mettre en œuvre une stratégie dont font partie les prévisions des mouvements de l'autre* » (Eco, 1985, 65). Ces deux types de réalisations humaines tentent de répondre aux intentions préalables de leurs auteurs, traduites en un cahier des charges en ce qui concerne l'objet technique, ou codifiées dans un genre littéraire dans le cas de la production écrite.

définition
de la tâche

L'enjeu de la tâche proposée aux élèves dans la séquence d'apprentissage observée sera ainsi de réaliser « *la fusée qui vole le plus haut* », grâce à une recherche de l'optimisation des moyens mis à disposition. La classe se trouve placée dans une situation de résolution de problème, et l'artefact finalement produit concrétise la solution retenue : un phénomène physique aura chemin faisant été identifié puis maîtrisé, à l'échelle d'élèves de l'école élémentaire, un nouveau rapport au monde étant instauré grâce à l'objet. Ce processus de médiation est comparable à ce qui s'observe dans le cas du langage : les artefacts élargissent le répertoire des actions qui nous sont permises, et, « *parallèlement, ce rapport impose de nouvelles contraintes à l'activité cognitive, au niveau de la prise d'informations, des anticipations, des opérations, des objets de pensée à mobiliser, des schèmes moteurs à générer, etc.* » (Andreucci, Froment & Vérillon, 1996, 183). C'est ce que nous tâcherons d'illustrer ci-dessous.

L'idée que les artefacts ne doivent pas être considérés comme des objets, mais dans la façon dont ils médiatisent un usage apparaît progressivement : « *L'homme doit effectuer à l'égard (des outils) une activité pratique ou cognitive qui réponde de façon adéquate à l'activité humaine qu'ils incarnent, c'est-à-dire qu'elle doit reproduire les traits de l'activité cristallisée (cumulée) dans l'objet* » (Rabardel, 1995, 59). C'est cet aspect, là encore spécifique aux objets fabriqués par opposition aux objets naturels, qu'il nous faut maintenant approfondir.

2.2. Les instruments

Que l'on pense par exemple à certaines pièces que l'on peut contempler dans les vitrines de nos musées : l'artefact a survécu au temps, il est là, présent devant nous, mais l'usage en a été oublié. Quelle était sa fonction (politique, religieuse...) ? Quelles actions servait-il à accomplir ? Quels gestes y étaient nécessaires ?

des schèmes
d'usage sociaux

En situation d'apprentissage, cette remarque prend tout son sens : présenter l'objet n'est rien, il faut en transmettre l'emploi ; autrement dit, concevoir un artefact, c'est dans le même mouvement décider comment on s'en servira.

Ce qui nous amène à préciser le concept d'instrument. « *Un instrument est formé de deux sous-systèmes : en premier lieu, d'un artefact, matériel ou symbolique, produit par le sujet ou par autrui ; deuxièmement, d'un ou plusieurs schèmes associés, résultant soit de constructions propres au sujet, soit de l'appropriation de schèmes sociaux préexistants* » (Vérillon & Rabardel, 1995, 87).

La simple mise en contact d'apprenants et d'objets manufacturés ne débouche donc pas automatiquement sur des progrès cognitifs ; l'intention qui a présidé à leur fabrication doit être réélaboree par les sujets, la manière dont ils organisent la médiation entre l'utilisateur et le monde doit être redécouverte ; à chaque élève de s'approprier les schèmes nécessaires à ce que l'instrument rende efficacement les services que l'on est en droit d'attendre de lui.

De la même façon, ce n'est que quand la classe perçoit l'intérêt de concevoir un dispositif assurant la médiation entre un projet encore virtuel et l'objet qui le réalisera, qu'un instrument, matériel ou symbolique, pourra être imaginé par elle ou pourra lui être proposé par l'enseignant. Intention, artefact et façon de faire sont intimement liés, l'instrument devient « *un moyen de capitalisation de l'expérience accumulée* » (Rabardel, 1995, 91).

l'objet comme
Interprétant logique
final

Nous avons comparé plus haut objets fabriqués et textes ; nous pouvons à présent préciser cette analogie. « *Être prêt à agir d'une certaine façon dans des circonstances données et quand on y est poussé par un mobile donné, voilà ce qu'est une habitude* ». Peirce, dans ce texte de 1906 (1978, 132), définit de la sorte ce qu'il nomme « *l'interprétant logique final* », qui met un terme pragmatique à une chaîne sémiotique en droit infinie. Pour lui, tout signe déclenche chez son récepteur un processus interprétatif, qui se traduit en signe à son tour, et ainsi de suite, sans qu'un terme puisse être apporté à cette prolifération du sens.

L'instrument, dans l'acception qui en a été retenue ci-dessus, présente bien les caractéristiques de l'habitude : un discours (oral, écrit, schématisé...) a été tenu à son propos au moment de sa conception, des choix ont été opérés en fonction du contexte de son utilisation future, pour répondre à des finalités précises. Les décisions prises par ses concepteurs (le groupe classe dans l'exemple que nous développerons), qui

marquent la clôture (parfois provisoire) de la discussion, se traduit à la fois dans le processus d'instrumentalisation, qui vise la transformation de l'artefact, et dans le processus d'instrumentation, relatif au sujet, à travers l'émergence et l'évolution des schèmes d'utilisation (Rabardel, 1995, 12).

On retrouve bien là les caractéristiques que Vygotsky reconnaissait aux instruments psychologiques (langage, symboles algébriques, schémas...) : il s'agit toujours d'élaborations artificielles et sociales, et non organiques ou individuelles (1985, 39). Les séquences d'apprentissage viseront à favoriser ces moments de construction d'outils de médiation, à travers les interactions avec autrui et avec les objets.

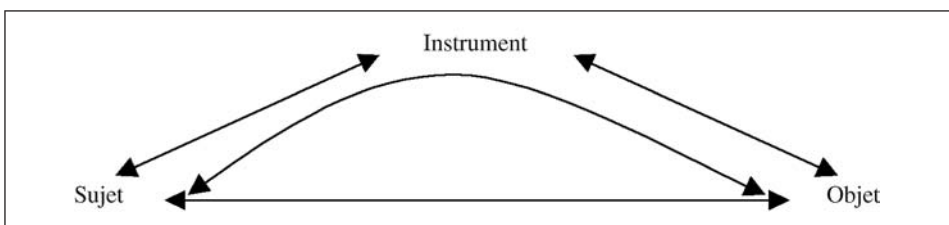
Objet, artefact, instrument : les statuts de ces éléments diffèrent relativement au rôle qu'ils jouent dans le processus d'apprentissage. Ce qui est une conséquence directe du modèle triadique retenu à la fois par Vygotsky et par Peirce : le langage, les outils assurent la médiation entre le sujet et le monde. Dans ce cadre, les *stimuli* que perçoit le sujet peuvent être réinvestis de deux manières complémentaires : soit comme émanant de l'objet lui-même, vers lequel est dirigée la manifestation comportementale du sujet à qui un problème est posé ; soit comme provenant de l'instrument à l'aide duquel le sujet contrôle et réalise les opérations psychologiques nécessaires pour la résolution de ce problème (Vygotsky 1985, 41). Un même objet est susceptible d'occuper successivement l'une et l'autre de ces positions.

On sort ainsi du rapport dyadique stimulus / réponse de la psychologie behavioriste, et la médiation par l'instrument ouvre un espace de liberté, transforme le déroulement des processus psychiques : la théorie peircéenne des chaînes sémiosiques invite l'enseignant à laisser se développer la réflexion (verbale, symbolique, puis matériellement incarnée) de l'apprenant (Weisser, 1998) ; l'exploration du champ des possibles devenant plus efficace encore par le biais des interactions sociales.

Dans le cadre particulier de la technologie, Rabardel (1995, 66 et 90), Vérillon et Rabardel (1995, 85) spécifient cette approche triadique par le modèle SAI (Situations d'Activités Instrumentées) qui met en scène les relations entre sujet, objet et instrument :

distinguer
l'Instrument
de l'Objet

Schéma 1. Modèle SAI (situations d'activités instrumentées)



médiation
épistémique,
médiation
pragmatique

Les auteurs de ce schéma soulignent l'existence de deux formes de médiation par l'instrument : la première, de l'objet vers le sujet, est de type épistémique, l'instrument étant un moyen qui permet la connaissance de l'objet par le sujet ; la seconde, de sens inverse, manifeste un processus pragmatique dans lequel l'instrument est un outil de transformation, de contrôle ou de régulation de l'objet par le sujet.

Nous verrons dans ce qui suit qu'un même artefact matériel fabriqué par la classe occupe tantôt la position d'objet, tantôt celle d'instrument, et que sa conception progressive et méthodique nécessite chemin faisant l'intervention d'autres instruments encore.

3. ÉTUDE EMPIRIQUE

3.1. Dispositif didactique

une compétence
d'ordre
méthodologique

Il convient tout d'abord de situer les interactions observées par rapport à l'ensemble de la séquence d'apprentissage (CM1, c'est-à-dire des enfants de 9-10 ans, fin du deuxième trimestre). L'intention pédagogique relève de ces « *activités d'exploration, d'essai et d'expérimentation* » dont Lebeaume (1996, 13) nous signale l'existence dès les débuts de l'enseignement de la technologie : « *expérimenter n'est pas faire fonctionner un appareil ou un objet technique, mais étudier sur un montage approprié, conçu et créé par nous, l'influence des facteurs qu'une hypothèse, fruit de l'observation préalable, aura permis d'émettre* » (*ibid.*, 15). Et de fait, le tir de la première série de fusées à eau n'a d'autre but que de faciliter à la classe le repérage des variables éventuellement pertinentes eu égard à l'effet recherché : faire voler un engin le plus haut possible. La discussion qui suit montre que les élèves savent dans ces circonstances « *imaginer une expérience faisant varier une seule variable (...) en concevant un montage nouveau* ». Pour Martinand (1985, 80), cet objectif relève des « *méthodes spécifiques des activités scientifiques* », les rubriques suivantes regroupant les objectifs conceptuels physiques puis les objectifs conceptuels technologiques. Nous serions donc à l'intersection de ces deux disciplines, ce qui a son importance relativement au statut de l'objet et aux arguments valides, nous y reviendrons. Notons pour finir ce cadrage initial que les instructions officielles du Cycle des Approfondissements (MEN, 2002) persistent dans cette approche transversale. Les compétences « *imaginer et réaliser un dispositif expérimental susceptible de répondre aux questions que l'on se pose* » et « *recommencer une expérience en ne modifiant qu'un seul facteur par rapport à l'expérience précédente* » appartiennent en commun aux « *sciences expérimentales et à la technologie* ».

à la recherche
d'un avantage
matériel

Les élèves ont donc été invités à concevoir et à produire des fusées à eau, dans un souci d'efficacité : obtenir l'effet maximal à partir du matériel disponible. Dans le cas des artefacts manufacturés, ceux sur lesquels on étudie les fonctions élémentaires (de l'essoreuse à salade à la balance Roberval), les phénomènes physiques en jeu sont contrôlés, maîtrisés ; dans l'idéal, ils restent inaperçus de l'utilisateur. Dans la présente séquence, il n'en est rien : la fusée à eau, ou plutôt, les séries de fusées à eau successivement construites figurent toujours des objets imparfaits, en devenir. Elles restent toujours éminemment « discutables » (Vérillon, 2004, 175) aux yeux des élèves, puisqu'ils en sont les concepteurs. De plus, l'intérêt porté par la classe à cet objet inconnu, renforcé par la tension qui naît des moments de discussion, entretient cette envie d'essayer pour comprendre, et de construire méthodiquement les tentatives futures pour pouvoir comprendre, pour réussir à conclure en connaissance de cause sur les caractéristiques de la « meilleure fusée ». « *L'idée clé de projet, qui est au centre de toute entreprise de réalisation technique dès que celle-ci (...) soulève quelque difficulté* » indique la possibilité d'organiser des débats au sein de l'équipe chargée d'en assurer la réalisation (*ibid.*, 193).

Dans la séquence étudiée, les élèves sont regroupés soit par trois quand il s'agit de construire un artefact, soit en classe entière dans les moments où on cherche à interpréter les vols observés. L'étayage par l'enseignant s'avère là indispensable pour « *inciter les élèves à mettre en œuvre les modes de contrôle habituels en sciences : la cohérence, la systématisme, l'expérimentation qui permet la confrontation des prédictions aux données de l'expérience, ainsi que la confrontation des idées par une recherche d'un accord interpersonnel* » (Franceschelli et Weil-Barais, 1998, 212).

médiation
cognitive,
médiation didactique

Et nous dirons avec Lenoir (1996, 240) que cette médiation est double : cognitive à un premier niveau, quand on considère les relations matérielles et symboliques que l'élève entretient avec l'artefact (relation sujet / objet dans le modèle SAI) ; didactique aussi, quand l'adulte intervient pour faciliter cette relation, par l'introduction d'instruments pertinents (relation sujet / instrument / objet dans le modèle SAI).

En termes sémiotiques, on dirait que l'enseignant, par les signes qu'il émet (consignes ; modération du débat ; mise à disposition d'outils...), amène l'élève à modifier le discours par lequel il exprime sa compréhension de l'objet.

C'est donc à une « *clinique de l'activité cognitive accomplie par les acteurs dans une situation de conception* » (Brassac et Grégori, 2003-102) que nous convie l'analyse des interactions entre élèves. Ces derniers constituent au fil du temps une communauté discursive, formée autour d'une pratique sociale particulière, à savoir la construction de connaissances par l'expérimentation. Y appartenir suppose « *un usage*

partagé d'un certain nombre d'outils, et l'intrication des technologies matérielles, des sociabilités et des technologies discursives » (Bernié, 2002, 78), des buts communs explicites, des mécanismes d'interaction, un vocabulaire partagé, le degré d'expertise requis (Swales, 1990, 24-27). Au sein d'une telle communauté, on va donc s'accorder progressivement sur la signification des discours échangés, sur la pertinence de ces discours eu égard aux phénomènes dont on cherche à rendre compte, et sur les manières de relier discours et objet que le groupe reconnaît comme valables. L'enseignant veille à ce que, d'abord, les énoncés ne restent pas ambigus mais fassent l'objet d'une explicitation en cas de besoin, à ce que, ensuite, les propos tenus soient en adéquation avec ce qui aura été observé, pour, finalement, amener la classe à prendre conscience de l'existence d'une méthode expérimentale transférable à d'autres situations.

s'affilier
à une communauté
discursive

Quelle sera finalement la trame de la séquence d'apprentissage ?

- L'enseignant expose le mode de lancement d'une fusée à eau ; les élèves ont pour consigne de dessiner le schéma de la fusée qu'ils construiront par groupes de trois, en respectant les contraintes énoncées précédemment.
- La première série de fusées est réalisée et présentée à la classe ; on les compare en insistant sur leurs caractéristiques. Un tir évalue les hauteurs atteintes.
- La discussion qui s'ensuit a pour but d'identifier « *la meilleure fusée* » : les élèves concluent à l'impossibilité de trancher, étant donné que les objets ont été construits sans aucune méthode ; ils décident d'organiser un autre tir avec une nouvelle série d'artefacts conçus plus systématiquement.
- Second tir : une nouvelle discussion permet de vérifier l'intérêt qu'il y a eu de traiter séparément toutes les variables, et débouche sur un accord quant à la description de l'engin le plus performant. La séquence s'arrête à ce stade de l'identification du prototype le plus efficace. La construction en série n'est pas envisagée.
- Une dernière phase d'évaluation demande aux élèves de concevoir une méthode de construction de sabliers.

le dispositif
didactique

Ce dispositif didactique fait ainsi alterner des moments de construction et d'utilisation d'artefacts avec des épisodes de discussion, d'analyse critique de ces mêmes objets. Il est conforme en cela à la définition que Flageul et Coquidé (1999, 45) retiennent de l'expérimentation, y incluant notamment « *la réfutation, la mise en débat et la conviction des pairs* » dans le travail de preuve. Nous passerons successivement d'un mode didactique de familiarisation à une investigation empirique (Coquidé, 1998, 113), soit d'une expérimentation-action renvoyant à une commande par la situation, à une expérimentation-objet, soumise à un protocole explicite (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, 110).

3.2. Les vertus pédagogiques de l'échec

analyser le perçu

Notre analyse des interactions au sein du groupe classe se centre tout d'abord sur la discussion qui suit le premier tir. L'enseignant (premier tour de parole du maître noté 1 M) fixe le thème du débat, dans cette première tâche d'étayage que Bruner (1983, 277) nomme l'enrôlement (1) : « *Nous venons de lancer les fusées. Et nous allons discuter maintenant pour savoir ce qui est important pour que la fusée monte le plus haut possible. Vous avez inscrit sur vos fiches les hauteurs atteintes par les différentes fusées. Vous avez devant vous l'exposition des fusées, de la numéro 1 à la numéro 12. Dites-moi ce qui à votre avis est important pour que la fusée monte le plus haut possible.* » (1 M)

Pour répondre à cette intervention-initiative, les élèves vont s'ingénier à proposer des liens entre le phénomène observé (la hauteur atteinte par chacune des douze fusées) et les caractéristiques respectives des engins. La présence d'un artefact au centre du débat a en effet des vertus structurantes (Rabardel, 1995, 13) : le champ des possibles ouvert au dialogue est à la fois délimité par l'objet en question et ordonné par ses traits distinctifs.

2 Benjamin :	<i>Mettre un peu moins d'eau.</i>
3 Joanna :	<i>Ne pas trop mettre d'eau, comme la numéro 10. On avait mis 25 cm d'eau, et elle n'est pas montée.</i>
4 Morgan :	<i>Oui, je suis d'accord avec Joanna, il ne faut pas mettre beaucoup d'eau. Peut-être entre 20 et 25 cm, parce que sinon, ça ne monterait pas ; ça ne montera</i>

des coalitions
entre locuteurs

Le premier élève propose de s'intéresser à la quantité d'eau embarquée ; celle qui lui succède manifeste sa compréhension et son approbation en reformulant le propos précédent : la thématization est adoptée, elle est même étayée par un exemple. Enfin, un troisième locuteur s'associe explicitement à la coalition qui est en train de se former : tous s'accordent sur la pertinence de la variable *quantité d'eau*.

6 Florine :	<i>Aussi, il faut mettre des petits ailerons. Parce que la fusée n° 6 en a beaucoup, et puis ils sont assez grands.</i>
7 Dimitri :	<i>Ben ouais, sur la 10, ils sont assez grands, les ailerons.</i>
8 Teddy :	<i>Moi, j'ai vu : il faut que le vent, il puisse passer sur les ailerons, ici. Il faut que le vent, il passe, au moins un petit peu. Alors, ça va un petit peu plus haut.</i>

Après une reprise à l'identique par l'enseignant (5 M : « *La numéro 10, c'est la seule qui est restée au sol.* »), une nouvelle coalition se crée autour d'un autre élément définitoire, ou du

(1) Nous retrouverons les modalités de l'étayage selon Bruner tout au long de cette étude.

moins conçu comme tel à ce moment du processus d'apprentissage, les ailerons, caractérisés par leur nombre et par leur taille. 6 Florine introduit le sujet, s'appuyant implicitement sur un résultat de l'observation : la fusée n° 6 n'a pas volé bien haut. 7 Dimitri acquiesce et renforce la thèse de sa camarade par un deuxième exemple.

un échec prévisible Relevons au passage que la fusée n° 10 souffre désormais de deux défauts rédhibitoires : trop d'eau, trop d'ailerons. Il est d'ores et déjà possible de prévoir que la classe ne pourra pas départager l'effet de ces variables potentielles.

8 Teddy va plus loin : il avance une explication de la relation entre taille des ailerons et hauteur atteinte.

62 Cyrielle :	<i>Ben la 9, elle n'avait pas de décorations, elle.</i>
63 M :	<i>Ah tiens, les décorations : on n'en avait pas encore parlé.</i>
64 Nathalie ::	<i>Les décorations, il y a pas tellement de différences.</i>
65 Bastien :	<i>Mais par exemple à la 3, les décorations, elles ne sont pas collées à la bouteille. Euh... elles dépassent. Comme la bouteille est ronde et les décorations plates, elles dépassent. Elles empêchent l'air de passer.</i>

Le même mouvement s'observe sur ces quatre interventions consécutives : une nouvelle propriété de l'artefact est repérée (les décorations), reprise et confirmée, pour faire ensuite l'objet d'une tentative d'explication (là encore en termes d'aérodynamisme). L'artefact autorise une approche modélisante de phénomènes physiques, il est un instrument qui en facilite la compréhension, ou du moins, l'appréhension.

s'accorder sur
une partition
de l'artefact

Nous venons d'observer là un premier mouvement au fil de la discussion : le groupe des interlocuteurs met progressivement en mots une partition de l'artefact, qui manifeste un processus de décomposition hiérarchique (Mounier & Bisseret, 2001, 364) selon le point de vue retenu. Si certains détails sont évoqués, c'est qu'on estime qu'ils ont quelque chose à voir avec le projet de la classe ; si ces thématisations sont reprises ensuite dans le discours d'autres énonciateurs, c'est qu'ils se rallient à cette idée. Et le groupe finit par s'accorder sur une description type de la fusée : la coréférence est construite collectivement quand on nomme ce qui est digne d'attention eu égard à l'avantage recherché. L'analogie artefact / texte est une nouvelle fois patente : l'objet pourra ultérieurement être reconstruit avec les mêmes opérations qu'une séquence textuelle descriptive, par ancrage (dénomination), par aspectualisation (repérage des qualités et des parties de l'objet), par enchâssement (une partie pourra à son tour faire l'objet d'un processus d'aspectualisation : Adam, 1993, 85).

Il convient dans un second temps de suivre à la trace les retours en arrière, les amalgames, les résurgences thématiques :

Tableau 1. Alternance des thématisations

Tour de parole	Partie de l'artefact	Qualité de la partie
2	Eau	Quantité
6	Ailerons	Taille
11	Ailerons	Nombre
15	Eau	Quantité
18	Ailerons	Nombre et taille
25	Eau	Quantité
31	Eau, ailerons	Quantité ; taille
47	Ailerons	Forme
54	Eau, ailerons	Quantité ; taille et position
62	Décorations	Présence / Absence
66	Ailerons	Taille et position
69	Ailerons	Nombre
70	Décorations	Présence / Absence
75	Coiffe	Présence / Absence
85	Bouteille	Type

Deux remarques s'imposent :

Tout d'abord, il est clair que la discussion passe, très aléatoirement, d'une (éventuelle) variable explicative à une autre, pour revenir ensuite à son point de départ. Rien n'est jamais acquis, chaque argument empirique peut être contredit par un autre :

70 Alexis :	<i>En fait, les décorations, ça change rien, parce que la 9, elle est montée plus haut et elle n'avait pas de décorations. La 7, elle n'en a pas non plus, et elle n'est pas montée très haut.</i>
71 Laura :	<i>C'est peut-être à cause des décorations, parce que la 5, elle est quand même allée haut, avec les décorations.</i>

Si le discours de la classe fait appel aux mêmes opérations linguistiques qu'une séquence descriptive, il n'y a pas encore à proprement parler de mise en texte : les éléments décrits restent épars ; l'enseignant ne cherche pas à canaliser étroitement l'activité scientifique de la classe, il laisse une part à l'imagination (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, 91), et plus encore, à la décision, à l'exploration, dans une volonté de ne pas tout baliser d'emblée.

vers une méthode
systématique

Ensuite, vers la fin du passage cité, les élèves montrent une première tendance à la systématisation de leur approche : en l'espace de quelques tours de parole apparaissent successivement trois nouvelles caractéristiques, dans une sorte de volonté d'épuiser la description de l'artefact. On passe alors d'un tir à l'autre d'expériences « *pour voir* » à des expériences « *pour prouver* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, 94), et même, « *pour valider* » la démarche méthodique de séparation des variables.

Ce premier épisode tend donc vers sa conclusion ; mais de façon asymptotique dirons-nous... En effet, le tour de parole 90 revient sur la quantité d'eau, l'intervention 94 sur les ailerons. L'infléchissement vers une problématique nouvelle est décidé par l'enseignant :

95 M : *Peut-être... Mais comment pourrions-nous faire pour construire les nouvelles fusées, pour pouvoir dire après, c'est à cause de ça que ça vole plus haut ? Ou c'est à cause d'autre chose.*

[...]

102 M : *On dit toujours peut-être... Comment pourrions-nous nous arranger pour décider ?*

première formulation
du principe
de séparation
des variables

C'est la résistance du réel (Coquidé, Bourgeois-Victor & Desbeaux-Salviat, 1999) qui empêche les élèves de conclure après le premier tir. Dans cette phase, l'enseignant ne va pas chercher à réduire la frustration (Bruner, 1983, 277-279), mais plutôt à l'accroître : on ne peut pas conclure, même si on en a très envie. C'est la tension didactique qui naît de la confrontation à la fois avec les phénomènes empiriques et avec les pairs qui pousse chacun à se remettre au travail de façon à pouvoir observer séparément l'effet propre de chaque variable (le repérage des caractéristiques déterminantes chez Bruner).

La demande de l'enseignant est reprise (et donc comprise) par Bastien et Nathalie :

104 Bastien : *Ben par exemple, on va faire plusieurs lancements. D'abord on en fait un tout pareil, sauf pas la même bouteille. Après on fait tout pareil, sauf pas les mêmes ailerons. Et puis après, pas pareil d'eau.*

105 Nathalie : *Sinon on peut faire... ouai... tout pareil. Pas tout pareil, par exemple, deux ou trois pareilles, avec des bouteilles différentes ou des choses comme ça. Mais pas tout pareil, parce que sinon...*

Ces deux élèves commencent à imaginer le principe de traitement séparé des variables, « *toutes choses égales par ailleurs* » ; à leur suite, la classe va concevoir la nécessité d'un instrument qui assure la médiation entre son projet (isoler les variables pour pouvoir conclure quant à leurs vertus explicatives) et l'artefact qui le réalisera (un nouvelle série de fusées enfin comparables) :

112 Florine (« *Sinon, pour avoir tous les résultats, on pourrait se mettre d'accord pour ce qu'on va faire. Et puis par groupe... on aura chacun bien une fusée différente* ») propose un mode d'organisation : chaque groupe de trois ne va plus concevoir sa propre fusée sans tenir compte des autres groupes ; il va falloir d'abord se concerter pour faire varier systématiquement les caractéristiques retenues dans la partition de l'objet. Désormais, les fusées « *feront texte* », c'est-à-dire qu'elles se répondront les unes aux autres par-delà la discontinuité matérielle. On retrouve en effet à travers la nouvelle série d'artefacts les liens constitutifs de tout discours. D'une part, des possibilités de commutation paradigmatique : chacune des caractéristiques des fusées peut se voir attribuer des valeurs différentes (trois, quatre, six ailerons ; 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm d'eau etc.). D'autre part, des arrangements syntagmatiques : la combinaison des valeurs privilégiées des différentes variables s'incarne dans « *la meilleure fusée* ».

du principe
à sa mise en scène

De plus, ce que l'on pourrait appeler l'énonciateur n'est plus chaque groupe de trois élèves, qui s'investissaient presque affectivement lors du premier tir de leur fusée, mais la classe

prise dans son ensemble comme communauté discursive, qui s'est accordée finalement sur une techno-logie (principe explicite de fabrication d'une série d'artefacts) et sur les rapports sociaux idoines (partage de la responsabilité entre tous). Mieux même : les élèves ont examiné (ou plutôt, pensent sincèrement avoir examiné) toutes les options possibles, méthodiquement. Ils jugent par conséquent leur discours recevable par tout un chacun, même hors de l'école, par cet auditoire universel que vise tout discours rationnel.

tentative
d'application

123 Nathalie (« *On fait des ailerons de taille différente sur chaque bouteille. Et puis on met des hauteurs différentes sur chaque bouteille, pour voir si c'est l'eau, ou...* ») effectue un pas de plus dans la concrétisation du projet. Elle décide de l'ordre dans lequel les variables seront étudiées : d'abord quelques fusées différant par la taille des ailerons (et seulement cela), puis quelques autres par lesquelles on étudiera l'effet de la quantité d'eau, etc.

L'enseignant (124 M : « *Essayons d'avancer : je vais faire ce que propose Nathalie. En mettant des numéros à nos nouvelles fusées. Fusée n° 1 : comment allons-nous la construire ? Qu'est-ce que vous proposez ? Je vous écoute.* ») tend à structurer cette avancée en l'écrivant au tableau. Ce premier exemple est mis au point tout au long de l'échange suivant :

125 Cyrielle :	<i>Ben... euh... quatre grands ailerons. (M écrit sous la dictée)</i>
126 Florine :	<i>20 cm d'eau.</i>
127 Teddy :	<i>De petits ailerons... Non : une coiffe.</i>
128 M :	<i>Et la 2 ?</i>
129 Marion :	<i>Deux grands ailerons et deux petits ailerons. 15 cm d'eau. Une coiffe.</i>
130 M :	<i>Supposez maintenant que la 1 monte plus haut que la 2 : à cause de quoi sera-t-elle montée plus haut ?</i>
131 Héléne :	<i>Peut-être à cause des ailerons.</i>
132 Alexis :	<i>Mais on ne peut pas savoir. Parce que... dans une, il y a 15 cm d'eau, dans l'autre 20. Seulement dans une, il y a quatre grands ailerons et dans l'autre deux grands et deux petits. Donc en fait on ne pourra pas savoir si c'est l'eau ou les ailerons.</i>
133 M :	<i>Comment peut-on faire alors, pour savoir ce qui est important ?</i>
134 Alexis :	<i>Par exemple, on met quatre petits ailerons dans la deuxième, et 20 cm d'eau. Alors, on verrait si ce sont les ailerons ou pas. (M modifie)</i>
135 Marion :	<i>Ben, on va essayer toutes les solutions qu'on a dit, et puis si ça marche...</i>
136 M :	<i>La n° 1 : 20 cm d'eau, quatre grands ailerons et une coiffe. La n° 2, quatre petits ailerons, 20 cm d'eau et une coiffe. Si là, la 1 monte plus haut que la 2, qu'est-ce que nous aurons prouvé ?</i>
137 Benjamin :	<i>Ce sera à cause des ailerons.</i>
138 M :	<i>Ce ne sera pas à cause de l'eau ?</i>
139 Benjamin :	<i>Non, parce que toutes les deux ont les mêmes centimètres.</i>

Comme on le voit, la conception de ces deux premières fusées contrastées nécessite un étayage important de la part de l'enseignant basé sur une simulation de résultats (130 M ; 136 M). Les épisodes suivants vont progressivement laisser plus de latitude aux élèves ; mais la nécessité d'une confrontation entre apprenants perdure.

un instrument
pour concevoir
un artefact

En 157 M, l'enseignant introduit un instrument symbolique, le tableau de variables, pour y noter les premières décisions prises et pour permettre à la classe de systématiser son approche exploratoire. Un tableau différent (cf. tableaux 2 et 3) est dressé pour chaque variable testée. « *Le tuteur comble les lacunes et laisse le débutant mettre au point les sous-routines constitutives auxquelles il peut parvenir* » (Bruner, 1983, 277-279) dans les moments de réduction des degrés de liberté. (2)

Tableau 2. Variable : quantité d'eau

Fusées	E1	E2	E3	E3
Taille des ailerons	Petits	Petits	Petits	Petits
Nombre d'ailerons	4	4	4	4
Type de bouteille	Lisse	Lisse	Lisse	Lisse
Quantité d'eau	5 cm	10 cm	15 cm	30 cm

Tableau 3. Variable : taille des ailerons

Fusées	T1	T2
Taille des ailerons	Grands	Petits
Nombre d'ailerons	4	4
Type de bouteille	Lisse	Lisse
Quantité d'eau	10 cm	10 cm

Le mode d'emploi de cet instrument, reproduit dans sa version finale ci-dessus, va être appelé à plusieurs reprises :

193 Hélène :	<i>Ben, il faut pas mettre... les changer, parce que sinon, on peut pas voir si la bouteille ça a à voir... Il faudrait mettre 5 cm et 5 cm aussi, pour voir si c'est les bosses... ou les bouteilles lisses qui changent.</i>
[Variable : le type de bouteille, la quantité d'eau étant fixée]	
197 Dimitri :	<i>Ben, comme elle a dit Nathalie pour les centimètres, on saura jamais pour les bouteilles.</i>
198 M :	<i>Donc il faudrait mettre quatre petits partout.</i>
199 Bastien :	<i>Qui est-ce qui a compris ce qu'a dit Dimitri ? Mais en fait, il faudrait qu'y a quatre petits aussi, parce que sinon, on ne va pas savoir si c'est la lisse ou celle à bosses.</i>
[Variable : le type de bouteille, le nombre et la taille des ailerons étant fixés]	
203 Alex :	<i>Parce que les ailerons et les centimètres d'eau, c'est la même chose aux deux fusées. Que pas comme la bouteille : la bouteille, elle est à bosses, ou bien elle est lisse. Parce que tout le reste, c'est pareil.</i>
204 Stéphane :	<i>Oui, voilà. Si la bouteille, si elle est lisse, si elle monte plus haut, ben ça voudra dire automatiquement que c'est à cause de la bouteille, parce que les centimètres et les ailerons, c'est à la même taille.</i>
205 Nathalie :	

(2) On trouvera d'autres exemples du caractère synoptique et structurant des systèmes graphiques in Astolfi, Peterfalvi et Vérin (1998, 140-144).

La succession de ces interventions, par leur proximité dans le temps et par la multiplicité des énonciateurs, montre comment un savoir d'ordre méthodologique est en train de naître dans la classe. Ce savoir, objet des discussions dans cet épisode conclusif du premier débat, va être stabilisé grâce à l'instrument adopté pour mettre en forme les propositions de la classe.

effet structurant
de l'instrument

Comme dans le cas de la fusée, l'artefact structure la pensée de son utilisateur. Mieux même : ainsi que nous l'avons prévu au chapitre 2.2, la maîtrise d'un instrument suppose la réappropriation des schèmes d'utilisation par l'apprenant. C'est bien le cas ici : les énoncés mentionnés (193 à 205) représentent quelques maillons de la chaîne sémiotique qui va se cristalliser en « *habitude* », c'est-à-dire en ce qui nous concerne, dans une compétence méthodologique transférable.

Cet instrument symbolique n'a pu être introduit avec profit qu'après une phase initiale dans laquelle les apprenants ont négocié la signification qu'ils attribuaient à la situation-problème (Vérillon 2004, 164). Fabre (1999, 196-211) insiste bien sur l'importance de la construction des problèmes, avant toute idée de résolution, et ses relations avec les compétences argumentatives des élèves : les pousser à mettre en mots leurs observations et leurs idées contribue à délimiter un espace-problème, c'est-à-dire à imaginer non seulement une procédure de résolution mais également et en amont un mode de production et de recueil des données utiles (voir aussi Fabre et Orange, 1997).

Le tableau contient les instructions nécessaires à sa lecture (Eco 1985, 65, ci-dessus) :

concevoir
les schèmes d'usage

- toutes les variables à tester figurent sur une ligne propre ;
- toutes les variables sont fixées (constantes) sauf une ;
- les valeurs successives retenues pour cette dernière (commutations paradigmatiques) engendrent autant d'artefacts comparables (arrangement syntagmatique) ;
- un autre tableau est établi pour la variable suivante (nouveaux énoncés d'un même texte).

L'objet *tableau* en lui-même n'est donc rien sans son mode d'emploi. La capacité des élèves à concevoir et lire de tels tableaux à propos de fusées à eau est testée lors de la construction de la seconde série d'engins. Leur capacité à la réinvestir en d'autres circonstances sera évaluée en fin de séquence.

Le second tir a ensuite lieu : les observations faites sur les hauteurs atteintes ne traduisent plus la simple perception d'un phénomène empirique ; elles témoignent d'une question posée à l'objet, ou plutôt à la série d'objets désormais comparables, qu'on a systématiquement déclinés « pour voir ».

3.3. Validation des hypothèses

Le second moment de débat cherche tout d'abord à valider la méthode de conception employée, puis à conclure relativement à « la meilleure fusée » :

« Nous venons donc de lancer les fusées qui sont décrites sur le grand tableau de votre cahier, que vous avez sous les yeux : Ailerons1, Ailerons2, Eau1, Eau2, Eau3, Eau4, et ainsi de suite. Nous essayons maintenant de discuter pour répondre à deux questions : Pourquoi avons-nous été obligés de faire ce deuxième tir de fusées ? Puis après, mais seulement après, une deuxième question : Pouvons-nous maintenant décider pour savoir ce qui permet à la fusée de voler plus haut ? Qui est-ce qui peut nous rappeler pourquoi nous avons été obligés de lancer des fusées une deuxième fois ? » (221 M).

Les élèves reformulent la difficulté rencontrée :

du souvenir
de l'échec...

222 Dimitri :	<i>On était obligés de la relancer, parce qu'on savait pas comment... euh pourquoi elles allaient très loin.</i>
223 Cyrielle :	<i>Ben en fait, on était obligés de les relancer, parce qu'on ne savait pas si c'était à cause des ailerons, à cause de l'eau, à cause des bouteilles ou à cause des décorations.</i>
224 Vanessa :	<i>Moi, je dis comme Cyrielle. On était obligés, parce que au départ, on savait pas ce qui était important, l'eau, les ailerons, et puis tout ça.</i>

Ils prouvent de la sorte qu'à une semaine d'intervalle, le souvenir de l'échec de la discussion précédente restait présent. Ils enchaînent en marquant l'évolution de la pensée de la classe :

227 Joanna :	<i>Ben parce que avant, on avait fait n'importe comment, on faisait comme on pensait. Et après, on a regardé, et on a choisi.</i>
228 Marion :	<i>Eh ben aussi, on savait pas si c'était les ailerons, alors... Par exemple, il y avait des ailerons petits et grands, et on savait pas sur quelle fusée, si c'était les ailerons ou l'eau, parce qu'il y avait à chaque fois des différences d'eau, des différences d'ailerons, des différences de décorations, de bouteille...</i>

Ils reformulent finalement la méthode qu'ils ont élaborée :

238 Bastien :	<i>Parce que sur le premier, on avait inventé nos fusées comme ça. Par contre sur le deuxième, on a dit... on a dit comment on devait les faire... pour... là au moins, on a fait plusieurs fusées qui sont pareilles. Elles sont pareilles, mais il y a toujours quelque chose qui change. Pour voir ce qui est le plus important.</i>
239 Dimitri :	<i>Ben, on a d'abord fait les fusées au hasard. Et après, quand on a vu qu'il y en a une qui allait plus haut que les autres, alors on voulait savoir comment... comment elle allait plus haut.</i>
240 Nathalie :	<i>Au début, ouais, on avait... on avait fait comme on voulait. Mais après, pour savoir, on avait fait... on avait fait une chose. Par exemple pour savoir quels ailerons étaient importants, on faisait tout pareil, sauf les ailerons qu'on changeait, pour savoir. Et à chaque fois, c'était comme ça.</i>

...à la validation
de la méthode

Que devient à la lumière de ces résultats la distinction opérée par Vygotsky entre instrument psychologique, qui concerne le comportement de l'individu, et instrument technique, qui vise à transformer la réalité (cf. 1.) ? Comme on le voit à travers les échanges cités, le progrès cognitif a été obtenu grâce à la médiation d'objets. L'une des lectures possibles de la séquence didactique est la suivante : l'idée de la nécessité d'adopter une planification méthodique et raisonnée est apparue grâce à l'analyse des performances, aléatoires, d'une première série d'artefacts.

L'objet construit sert de révélateur d'une démarche intellectuelle insatisfaisante : il va falloir le modifier, et plus encore, modifier la façon de le concevoir (accession à la combinatoire : voir Weisser et Rémigy, 2005). Mais ce travail d'ingénierie implique à son tour la médiation d'un artefact supplémentaire : le tableau de variables. De ce point de vue, ce dernier objet joue le rôle d'instrument (Vérillon & Rabardel, 1995, 80), entre un sujet (la classe comme énonciateur collectif) et un objet (la deuxième série de fusées comme artefact-texte énoncé).

C'est au demeurant ce que montre la suite de l'interaction. Il s'agit dans ce deuxième temps de stabiliser la partition pertinente de l'objet ; la classe statue alors sur la valeur idoine de la variable « *quantité d'eau* » :

250 M :	<i>Alors nous pouvons passer à la deuxième question : Est-ce que nous pouvons décider</i>
251 Hélène :	<i>maintenant, ce qui permet à la fusée de voler très haut ?</i>
252 Jessica :	<i>De ne pas avoir trop d'eau.</i>
253 M :	<i>Comme Hélène. Parce que si on a trop d'eau, la fusée, elle ne décolle pas.</i>
254 Jessica :	<i>On l'a bien vu sur quelle fusée, ça ?</i> <i>Sur la E4. Avec 30 cm d'eau.</i>

choisir le prototype
le plus avantageux

La remarque d'Alexis (255) marque par sa nouvelle thématisation qu'à son avis, la question de la quantité d'eau est réglée : « *Les ailerons, il faut en faire plutôt des petits. Parce que la fusée qui est allée la plus haut, c'est la A2* ».

Le type de bouteille le plus efficace est ensuite défini :

256 Gaéтан :	<i>La bouteille aussi. La bouteille, avec les bosses, il y a de l'air qui reste coincé. Avec la bouteille lisse, ça va mieux.</i>
257 M :	<i>Tu parles de quelles fusées là ?</i>
258 Gaéтан :	<i>La fusée B1 et B2.</i>

L'ensemble des résultats obtenus est finalement résumé par Anthony (262) : « *Eh ben, pour les ailerons, il n'y a pas besoin de changer, parce qu'elles sont à peu près montées à la même hauteur. Par contre pour l'eau, E1, E2 et E3 sont montées à peu près à la même hauteur, la E4, non, parce qu'il y avait 30 cm d'eau. La bouteille, à la hauteur de*

l'arbre seulement, c'est parce qu'elle avait des bosses. La lisse, ça va mieux. Et puis les décorations, ben ça change rien, c'est toujours pareil. Ce qui change, c'est surtout la bouteille et 30 cm d'eau. »

s'accorder sur
les caractéristiques
déterminantes

La fin de la discussion (263 à 289) reprend alors systématiquement les tableaux de variables pour y marquer les valeurs à exclure. La modalité d'étayage « signalisation des caractéristiques déterminantes » (Bruner, 1983, 277-279) aura ainsi pu être prise en charge directement par la classe, du fait de l'âge des apprenants, du fait aussi de la construction didactique de la séquence. L'intervention de l'enseignant est par contre requise pour le passage de l'empirique au modélisé (voir plus haut, l'introduction du tableau comme instrument). La description des faits et les raisons qui les expliquent relèvent en effet de la même catégorie de l'apophantique : on peut dire de l'une et des autres qu'elles sont vraies ou fausses, par opposition à d'autres énoncés qui sont sincères ou mensongers (relativement à l'expression d'une subjectivité), ou à d'autres énoncés encore qui sont légitimes ou illégitimes (relativement à des lois socialement admises). Le passage de l'assertorique à l'apodictique nécessite donc en première approche de séparer l'accidentel de l'essentiel (rejet de variables non explicatives), avant de parvenir à un accord sur les valeurs les plus efficaces des variables finalement retenues.

L'artefact matériel prototypique a ainsi été identifié (les fusées Eau 1, Eau 2 et Eau 3 réunissent les valeurs les plus performantes ; plusieurs modèles restent en course, la classe ayant décidé que la variable « décorations » ne modifiait pas les performances de l'engin) ; il cristallise le savoir technique construit au cours de la séquence, même s'il n'en figure pas l'objectif principal, en traduit le système de contraintes défini en commun.

L'évaluation finale se compose de deux exercices :

de l'application
au transfert

Le premier demande de reconstruire, ou de citer de mémoire, l'un des tableaux de variables imaginés collectivement. Il est réussi par vingt-trois élèves sur vingt-neuf. Le second vise au transfert de la méthode d'expérimentation à un nouvel artefact (présenté simultanément à la classe), le sablier. La difficulté s'accroît encore de l'un à l'autre si on considère que le tableau de variables est fourni vierge de toute indication. L'élève qui a rédigé le document reproduit (jugé correct) s'appuie d'ailleurs sur l'énoncé pour le libellé et l'ordre des variables. Il est de plus à l'origine du nombre de colonnes qu'il choisit d'utiliser.

Vingt élèves satisfont à ce test (voir document 1). Les six élèves en échec précédemment le demeurent, ce qui témoigne de la différence de niveau taxonomique des deux exercices. Nous avons montré ailleurs (Weisser & Rémigy, 2004) que la participation aux débats n'est pas un gage de

se positionner
en énonciateur
responsable

réussite. C'est plutôt la forme que prennent les énoncés qui apparaît comme significative : les élèves qui parviennent à prendre en charge (« Je », « mon groupe »...) et à modaliser leurs dires (« un peu », « sans doute »...), marquant ainsi le caractère relatif de ce qu'ils avancent, sont ceux qui profitent le plus de la situation d'apprentissage. On retrouve là le statut d'hypothèse de l'artefact matériel produit par la classe, son côté « discutable ».

Document 1. Évaluation finale

1. Invente toutes les fusées à construire pour savoir si le type de bouteille est important :

	1	2		
Nombre d'ailerons	4 petits	4 petits		
Hauteur d'eau	10 cm	10 cm		
Décorations	avec	avec		
Type de bouteille	Risse	à bosses		

2. On veut fabriquer un sablier pour mesurer des durées. On a le choix :

- du produit qui va s'écouler d'une bouteille à l'autre : sable, riz, semoule, sucre ;
- de la hauteur du produit utilisé : 5 cm, 10 cm ;
- du diamètre du trou dans le bouchon : 1 cm, 2 cm.

On veut que le temps écoulé soit le plus long possible. On se demande si le diamètre du trou est important.
Invente le tableau pour prévoir tous les sabliers à construire pour le vérifier :

1	2			
sucré	sucré			
5 cm	5 cm			
1 cm	2 cm			

rôle social
de l'artefact

4. CONCLUSION : LE STATUT CHANGEANT DES ARTEFACTS

La séquence didactique étudiée met en scène deux artefacts : l'un matériel (les fusées à eau), l'autre symbolique (les tableaux de variables).

Le premier, en tant qu'objet concret, palpable, est le support d'investissement affectif : c'est la fusée de « mon groupe », puis de « ma classe ». En ce qu'il incarne un projet de fabrication, en ce qu'il est éventuellement diffusable en dehors de l'école (voir Weisser, 2001, à propos des enjeux de l'édition d'un CD ROM), il rend l'action didactique lisible à l'extérieur du système scolaire.

Mais plus que cette approche sociale, indispensable au demeurant à la motivation des élèves, c'est le plan cognitif qui nous intéresse ici.

Trois séries successives de fusées ont été nécessaires : la première, construite aléatoirement, n'a pas permis de conclure ; la deuxième, conçue méthodiquement, a débouché sur l'identification de l'exemplaire le plus performant ; la dernière regroupe les prototypes qui répondent à ce cahier des charges. C'est leur existence même qui a autorisé l'adoption d'une position *méta* ; c'est par la mise en question de leurs caractéristiques matérielles qu'un discours littéralement technologique a pu naître : l'objet incarne certains traits jugés pertinents par les élèves à un moment donné de la séquence d'apprentissage, puis il indique en retour quelles performances sont possibles dans les diverses configurations retenues.

travail collaboratif
et médiation
instrumentée

On peut ainsi avancer que lors des discussions à propos d'artefacts testés, les interlocuteurs « *n'échangent pas des idées : celles-ci émergent de l'interaction du fait d'une certaine tension cognitive et sociale entre eux. (...) Les activités collaboratives ne renvoient pas uniquement à une coordination entre les participants* » à propos de savoirs déjà présents à l'origine (Brassac et Grégori, 2003, 117).

De façon spécifique à ce qui se déroule entre ces élèves, on soulignera que l'idée de séparation des variables résulte d'une invention *ex nihilo* dans l'ici et maintenant de la confrontation. Les artefacts sont des éléments parmi d'autres du dialogue développé au sein de la classe. On passe successivement de douze engins construits au hasard à dix, puis à trois prototypes satisfaisants. La diminution du nombre de ces énoncés cristallisés dans un objet prouve l'évolution des opérations cognitives qui les sous-tendent. Les élèves parviennent à une précision du raisonnement de plus en plus grande : « *Les artefacts matériels, à l'instar des propositions discursives, sont des constructions intentionnelles, structurées, adressées à des interlocuteurs* » (Vérillon 2004, 174), et ces messages gagnent en fiabilité au fil du temps.

mesurer l'écart
au but

Le processus sémiotique à l'œuvre est particulier : on ne va pas de la perception d'un phénomène à son interprétation, on n'étudie pas l'objet du point de vue de son utilisation (Andreucci, Froment & Vérillon 1996, 182). Au contraire, on commence par matérialiser dans un objet un sens préexistant qu'on teste ensuite, l'objet devenant « *un outil qui instrumente l'activité* » (*ibid.*). Suit une discussion portant sur l'écart au but. La modification de l'artefact et surtout de son mode de conception s'impose. Cette nouvelle pensée est à son tour incarnée, engendrant quelques fusées inédites, jusqu'au modèle le plus performant, qui interrompt la chaîne interprétative.

Ce progrès cognitif s'obtient par la médiation d'un second artefact, instrument symbolique, le tableau de variables : il

tune dialectique
Objet/Instrument

sert, à son tour, à matérialiser les propositions des apprenants. En tant qu'instrument, ses schèmes d'utilisation structurants leur permettent d'avoir prise sur l'artefact-objet fusée. Mais la relation sujet / instrument / objet n'est pas aussi simple qu'il y paraît au premier abord. Il est certain que la fusée à son tour, par la mise en relation (impossible) de ses caractéristiques et de ses performances, devient un instrument qui rend le jeune élève capable de construire petit à petit ce que devra être le tableau de variables : ses caractéristiques physiques (autant de lignes que de variables ; autant de colonnes que de valeurs pour la variable étudiée), ses schèmes d'utilisation (une seule variable varie, « *toutes choses égales par ailleurs* »).

C'est donc une relation dialectique fusée à eau / tableau de variables qui s'instaure, chaque artefact, matériel ou symbolique, étant tour à tour objet que l'on construit, modifie, teste, et instrument par la médiation duquel on agit sur l'objet (Rabardel, 1995, 197 ; Vérillon & Rabardel, 1995, 96).

Dans quel champ disciplinaire replacer finalement cette activité de fabrication d'objets matériels ?

Durey et Vérillon (1996, 3), illustrant l'unité et la diversité de l'enseignement de la technologie, insistent sur l'idée que le point de vue technique est « *souvent scientifiquement armé* » quand il cherche à optimiser les phénomènes dont les artefacts sont le siège.

à la croisée
des disciplines

Il est apparu dans ces lignes qu'une méthode expérimentale n'est sans doute pas à réserver aux sciences du même nom. Et de fait, de nombreuses innovations techniques ont précédé la constitution des connaissances scientifiques impliquées ; que l'on pense entre autres exemples à la métallurgie de l'époque préhistorique, à l'habileté des alchimistes, aux médecines traditionnelles... Ce type de démarche méthodique est par conséquent tout à fait recevable dès qu'il s'agit de vérifier une hypothèse, quelle que soit sa nature (Martinand, 1986, 211), la conjecture devenant plus signifiante encore aux yeux des élèves quand elle légitime des procédés de fabrication (*ibid.*, 135).

Les apprenants ne s'y trompent pas d'ailleurs : les « *caractéristiques externes* » (Lebeaume, 2000, 199) des activités scientifiques et technologiques sont semblables dans cette classe, même plage horaire, même cahier d'expériences ; mais cela ne les a pas empêchés d'avoir recours ici à des arguments fondés sur « *un projet pragmatique d'avantages matériels* » (Vérillon, 2004, 171) plutôt que sur l'énonciation de propositions explicatives.

Marc WEISSER
Laboratoire interuniversitaire des sciences de
l'éducation et de la communication
Université de Haute-Alsace
M.Weisser@uha.fr

BIBLIOGRAPHIE

ADAM, J.-M. (1992). *Les textes : types et prototypes*. Paris : Nathan.

ANDREUCCI, C., FROMENT, J.-P. & VÉRILLON, P. (1996). Contribution à l'analyse des situations d'enseignement/apprentissage d'instruments sémiotiques de communication technique. *Aster*, n° 23, p. 181-211.

ASTOLFI, J.-P., PETERFALVI, B. & VÉRIN, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.

BERNIÉ, J.-P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de « communauté discursive » : un apport à la didactique comparée ? *Revue française de pédagogie*, n° 141, p. 77-88.

BRASSAC, C. & GRÉGORI, N. (2003). Étude clinique d'une activité collaborative : la conception d'un artefact. *Le travail humain*, n° 66/2, p. 101-127.

BRUNER, J.-S. (1983). *Savoir faire, savoir dire*. Traduction : M. Deleau. Paris : PUF.

COQUIDÉ, M. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles. *Aster*, n° 26, p. 109-132.

COQUIDÉ, M., BOURGEOIS-VICTOR, P. & DESBEAUX-SALVIAT, B. (1999). « Résistance du réel » dans les pratiques expérimentales. *Aster*, n° 28, p. 57-78.

DUREY, A. & VÉRILLON, P. (1996). La technologie : unité et diversité d'un enseignement. *Aster*, n° 23, p. 3-8.

ECO, U. (1985). *Lector in Fabula*. Paris : Grasset.

FABRE, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.

FABRE, M. & ORANGE, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, n° 24, p. 37-58.

FLAGEUL, R. & COQUIDÉ, M. (1999). Conceptions d'étudiants professeurs des écoles sur l'expérimentations et obstacles corrélatifs à sa mise en œuvre à l'école élémentaire. *Aster*, n° 28, p. 33-56.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2002). *Qu'apprend-on à l'école primaire ?* Paris : XO : CNDP.

FRANCESCHELLI, S. & WEIL-BARAIS, A. (1998). La routine conversationnelle comme stratégie de changement. In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais (Éds.). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : Peter Lang. p. 211-238.

LEBEAUME, J. (1996). Une discipline à la recherche d'elle-même : trente ans de technologie pour le collège. *Aster*, n° 23, p. 9-42.

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.

LENOIR, Y. (1996). Médiation cognitive et médiation didactique. In C. Raisky & M. Caillot (Éds.). *Au-delà des didactiques, le didactique*. Bruxelles : De Boeck. p. 223-251.

MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

MARTINAND, J.-L. (1998). Modélisation, résolution de problème et médiation. In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais (Éds.). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : Peter Lang. p. 271-277.

MOUNIER, É. & BISSERET, A. (2001). Usage de la ponctuation dans la description technique : marquer la partition de l'objet décrit. *Le travail humain*, n° 64/4, p. 363-390.

PEIRCE, C.S. (1978). *Écrits sur le signe*. Paris : Éd. du Seuil.

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

ROUSSEAU, J.-J. (1999). *Émile, ou De l'Éducation*. Paris : Garnier (1^{re} édition : 1762).

SWALES, J.-M. (1990). *Genre analysis*. Cambridge : University Press.

VÉRILLON, P. (2004). Discuter et agir pour produire des artefacts matériels en technologie au collège. In J. Douaire (Éd.). *Argumentation et disciplines scolaires*. Paris : INRP. p. 163-178.

VÉRILLON, P. & RABARDEL, P. (1995). Cognition and artefacts : a contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European Journal of Psychology of Education*, t. X, n° 1, p. 77-101.

VIYGOTSKY, L.S. (1930, éd. 1985). La méthode instrumentale en psychologie. In J.-P. Bronckart et al. *Vygotsky aujourd'hui*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.

WEISSER, M. (1998). Processus dyadiques vs processus triadiques : la construction du sens par le sujet apprenant. *Les Cahiers du CIRID*. Strasbourg : Presses Universitaires. n° 9.

WEISSER, M. (2001). Pédagogie du projet et technologies de l'information et de la communication : fabriquer un CD ROM au Cycle 3. *Enseignement Public et Informatique*, n° 101, p. 145-166.

WEISSER, M. (2004). Langage et apprentissage dans *L'Émile* de J.-J. Rousseau. *Penser l'éducation*. Rouen : CIVIIC. n° 15, p. 103-121.

WEISSER, M. & RÉMIGY, M.-J. (2004). Formes de la participation et appropriation individuelle des savoirs. *Colloque « Faut-il parler pour apprendre ? »*. Arras : Université de Lille 3 et IUFM Nord Pas de Calais.

WEISSER, M. & RÉMIGY, M.-J. (2005, à paraître). Argumenter en classe : à propos de quoi ? comment ? pourquoi ? *L'Année de la Recherche en Sciences de l'Éducation*.

FILLES OU GARÇONS, SEULS OU À DEUX

Quelle influence sur les activités de production en éducation technologique ?

Jacques Ginestié

Les activités de production sont intimement liées à l'enseignement de la technologie ; dans la majorité des cas il s'agit de la réalisation d'un objet technique matériel ou de la production d'un service (objet technique immatériel). Au-delà de contingences scolaires, ces tâches doivent rendre compte le mieux possible de l'organisation sociale dans laquelle elles existent.

Pour la technologie, cette référence se fait à des entreprises. Ces éléments de référence résistent mal au processus de transformation et de reconstruction qui permet de les faire passer de cette institution sociale, l'entreprise, à l'institution scolaire. Ainsi, les rapports filles/garçons à l'école sont-ils différents des rapports femmes/hommes dans des situations professionnelles en entreprise. De même, le rapport individuel/collectif est-il appréhendé différemment dans les deux institutions.

Cet article examine, au travers d'une recherche empirique conduite dans quinze classes de quatrième de collège, l'incidence de ces deux variables, le genre et le travail seul ou à deux, sur les performances des élèves lorsqu'ils réalisent deux tâches de production distinctes, l'une renvoyant plutôt à des tâches masculines, l'autre plutôt à des tâches féminines.

1. INTRODUCTION

Les activités de production dans l'enseignement de la technologie au collège font partie d'un paysage tellement familier qu'il n'est plus réellement interrogé au-delà de travaux sur la nature des productions (Ginestié, 2004 ; Andreucci & Ginestié, 2002 ; Follain & Lebeaume, 2001 ; Escudié & Lebeaume, 1999) ou sur l'organisation des situations de production (Talis & Ginestié, 2003 ; Rak & Mérieux, 1999 ; Lebeaume & Martinand, 1998). Cette question du rôle des activités de production dans la construction de savoirs en éducation technologique est pourtant essentielle (Ginestié, 2001a). Une première confusion conduit les acteurs à assimiler production et fabrication, entraînant ainsi une survalorisation de la fabrication comme fil conducteur de cet enseignement (Ginestié, 2002a). Une seconde confusion conduit à considérer le résultat de l'activité de fabrication, le produit obtenu, comme résultat de l'activité d'apprentissage (Amigues & Ginestié, 1991 ; Amigues, Ginestié & Johsua, 1995). Dès lors, l'évaluation du produit obtenu se substitue à l'évaluation des apprentissages (Rak, 2001) induisant, chez

rôle des activités de production en Éducation technologique

les élèves, une autre confusion : « *l'objectif de l'enseignement de la technologie au collège c'est de fabriquer un objet et si l'objet que tu fabriques est bien fait, est joli etc., tu as une bonne note* ».

qu'apprennent
les élèves
et comment
l'apprennent-ils ?...

De fait, la question des savoirs en jeu dans les activités de production en éducation technologique au collège doit être regardée avec attention : qu'apprennent les élèves et comment l'apprennent-ils ? (Ginestié & Andreucci, 1999 ; Ginestié, 1998). Les fondements des programmes d'enseignement accordent une place importante à la référence à des pratiques sociales qui doivent être significatives des activités professionnelles que l'on peut trouver dans les entreprises. Ainsi, les tâches scolaires proposées aux élèves doivent-elles être « *authentiques* » et rendre compte de manière significative de tâches que l'on peut rencontrer dans les entreprises (Lebeaume, 2001). Construire une référence à partir de pratiques suppose de rentrer dans un processus de description, de mise en texte de ces pratiques (Ginestié, 2001b ; Ginestié & Brandt-Pomares, 1998 ; Ginestié, 1997). Ces pratiques sont représentatives de la division sociale du travail dans les entreprises et très largement ancrées sur leurs organisations sociales (Ginestié, 2002a) ; les tâches proposées devraient donc l'être également.

filles ou garçons ?
seul ou en groupe ?

Deux grandes caractéristiques permettent d'approcher certains aspects de la division sociale du travail au travers des pratiques : l'aspect sexué de certaines activités (Lebeaume, 1998) et le travail individuel ou en équipe. L'incidence du genre sur les activités professionnelles est assez largement développée dans de nombreux travaux de sociologues qui montrent comment les caractérisations des emplois sont sexués (OCDE, 1998 ; Laufer, Marry & Maruani, 2001 ; Tilly & Scott, 2002 ; Kergoat, 2002). De nombreux travaux s'intéressent à l'éducation des filles et des garçons au travers des stratégies d'orientation scolaire ou des inégalités sociales (Baudelot & Estabiet, 1998 ; Duru-Bellat, 1997, 1998, 2003 ; Feuilladié, 2001 ; Lopez, 2004). Un article publié dans *Didaskalia* posait cette question, d'un point de vue didactique, de l'incidence du genre sur les activités des élèves au travers de plusieurs situations empruntées à l'enseignement des sciences et de la technologie (Roustan-Jalin, Ben Mim & Dupin, 2002). En ce qui concerne le travail en groupe, les travaux existant se réfèrent généralement à des questions d'organisations pédagogiques en les inscrivant dans des perspectives psychologiques, notamment sur des dimensions spécifiques aux interactions entre pairs dans les apprentissages (Johnson & Johnson, 1999 ; Proulx, 2004). Sur l'importance du travail collectif dans les sphères de production industrielle, nous nous référons, notamment, aux travaux de Karsenty et Falzon (1991), Leplat (1994) et Grusenmayer et Trognon (1997).

C'est l'incidence de ces deux variables sur les activités des élèves que nous regardons ici au travers d'une recherche

une tâche
significative
de la transposition
didactique

empirique dont les résultats sont traités quantitativement, dans l'attente d'une analyse qualitative. Pour cela, nous nous appuyerons sur l'articulation tâche – activité comme analyseur des situations didactiques afin d'apprécier les stratégies mises en œuvre par les élèves pour accomplir la tâche qui leur est confiée (Ginestié, 2002b). Dans le cas présent, la tâche que l'élève doit réaliser est significative du processus de transposition didactique par l'organisation spécifique des savoirs qu'elle exhibe, de leur organisation et de leur transcription à des fins d'enseignement (Ginestié, 2001c). De fait, nous considérons les savoirs mobilisés dans l'activité de production, tels qu'ils sont construits et transformés au cours de l'action (Vinck, 1999). L'activité relève de l'étude de la mise en œuvre de la tâche par le sujet. L'analyse de l'activité rend compte de la distance entre la tâche prescrite et la tâche effectivement réalisée. En ce sens, elle permet d'interroger l'efficacité des organisations proposées en repérant les stratégies mises en œuvre par les sujets lorsqu'ils réalisent la tâche. Les stratégies sont identifiées par l'organisation des opérations et leur planification dans l'activité organisée vers un but, lequel but est défini par la tâche (Ginestié, 2001d).

Le croisement des deux analyses, tâche et activité, permet de caractériser les interactions entre ce qui est prescrit à l'élève et ce qu'il met en œuvre pour s'acquitter de cette prescription (Morais & Visser, 1987). La tâche apparaît comme l'expression concentrée de tout un ensemble de valeurs, de modèles, d'éléments de théories, de savoirs qui fondent le corpus de savoirs en référence (Ginestié, 2001e). Elle est donc significative de la référence aux pratiques sociales choisies. L'analyse de la tâche est également significative des activités qu'elle induit chez les élèves. La réalisation de la tâche par l'élève suppose une mise en œuvre qui organise son activité : sa lecture de la tâche, sa façon d'organiser, de planifier et d'orienter ses actions, ce qu'il prend en considération, ce qu'il ne voit même pas. L'analyse de l'activité permet de caractériser la stratégie qu'il déploie et, au-delà, les processus d'apprentissage qui sont mis en jeu (Amigues & Ginestié, 1991).

2. CADRE ET CONDITIONS DE L'EXPÉRIMENTATION

La partie expérimentale a été conduite auprès de 389 élèves (198 filles et 191 garçons) répartis dans quinze classes de 4^e de treize collèges différents de l'académie d'Aix-Marseille. La répartition des collèges couvrait des zones diversifiées : six collèges sont situés dans différents quartiers de l'agglomération marseillaise, trois collèges sont dans des petites villes (Carpentras, Manosque et Tarascon), deux sont en zone périurbaine (les Pennes-Mirabeau et Vitrolles) et les deux derniers en zone rurale (Châteaurenard et Orgon). L'effectif moyen par classe est légèrement inférieur à 26 élèves, la classe la moins peuplée comptait 22 élèves, la plus peuplée

389 élèves issus
de 13 collèges

en comptait 28. Les effectifs sont les effectifs réels appréciés lors de la passation des protocoles d'expérimentation.

Tableau 1. Répartition filles et garçons entre ceux qui travaillent seuls et ceux qui travaillent à deux

Groupes	Filles	Garçons	Total
Un élève	67	64	131
Deux élèves	131	127	258
Total	198	191	389

Afin de réduire les effets liés aux établissements, effets qui pourraient introduire des biais dans les résultats, nous avons choisi la même répartition, garçons/filles, seuls/à deux, dans chaque classe. Nous avons donc constitué des groupes expérimentaux qui permettent de croiser ces deux variables : des élèves, garçons et filles, travaillent seuls, d'autres travaillent en binôme soit de même sexe, deux filles ou deux garçons ensemble, soit de sexe différent, une fille et un garçon. Le tableau suivant indique le nombre de groupes expérimentaux que nous avons constitués.

Tableau 2. Nombre de groupes de l'échantillon expérimental

Groupes	Filles	Garçons	Mixtes	Total
Un élève seul	67	64		131
Deux élèves ensemble	44	42	43	129
Total	111	106	43	260

L'expérimentation consiste à faire réaliser deux tâches distinctes aux élèves. La première tâche est un assemblage mécanique et électrique de type mécano afin de réaliser un chariot élévateur. La seconde tâche est une opération de tri et de classement de différents documents administratifs relatifs à la gestion d'achats de matériels.

réalisation
de 2 tâches :
- réaliser
un chariot élévateur
- trier des documents

Les élèves réalisaient les deux tâches à la suite l'une de l'autre dans une même séance d'une heure et demie. Le temps utile consacré à la réalisation de la tâche, strictement contrôlée pour chacune, se limitait à une durée de 45 minutes pour la première tâche (assemblage du chariot élévateur) et 25 minutes pour la seconde (tri et ordonnancement des documents). Le reste du temps a été consacré à la mise en place de la séance, à la répartition des rôles, à l'explicitation des objectifs, du contexte de l'étude, des consignes, au placement des élèves dans la configuration de la salle, selon les modalités prévues (en groupe ou seul, garçons et filles) au préalable, et en fin de séance, à une discussion sur les résultats obtenus par les élèves en regard des objectifs de l'expérimentation. Il

s'agissait, dans ce dernier temps, de dédramatiser le fait que dans de nombreux cas ils n'ont pas achevé la tâche.

planifier la tâche
nécessite de la
décomposer en
succession d'actions

Le choix d'une durée très limitée pour réaliser chaque tâche se justifie par le fait que nous souhaitons que les élèves soient dans une situation de production sous pression afin qu'ils aient des choix à faire et qu'ils soient amenés à prendre des décisions rapidement. Le travail sous contrainte oblige dans tous les cas à s'organiser selon une stratégie d'action précise. Si l'on se réfère à notre cadre d'analyse sur l'articulation tâche et activité, la planification de l'action suppose une description de la tâche à réaliser en termes de successions d'actions organisées et planifiées dans le temps. Or, nous savons que cette description est pour des non experts toujours partielle, qu'ils ne découvrent jamais l'ensemble des contraintes et qu'ils procèdent par réduction des contraintes. Ils élaborent des solutions partielles réduites à des cas particuliers de la fonctionnalité à partir des seules contraintes qu'ils découvrent. Les élèves raisonnent de manière séquentielle et traitent les problèmes au fur et à mesure qu'ils les rencontrent. Les placer dans cette situation contrainte par le temps ne fait qu'accentuer ces effets.

une contrainte forte
de temps
pour marquer
les différences

Pour les élèves travaillant seuls, les stratégies adoptées seront significatives de décisions prises rapidement et, s'il y a une différence entre les filles et les garçons, cette différence sera significative d'une différence de stratégie qui serait liée aux effets de genre. Pour les élèves travaillant à deux, la stratégie ne s'impose pas d'elle-même, elle ressort d'une répartition des rôles dans le binôme, répartition qui peut être imposée, négociée ou implicitement acceptée. La mise en tension dans la limitation de temps des prises de décision devrait accroître ces effets et devrait permettre de marquer les différences, pour autant que celles-ci existent.

Le choix a été fait de fournir des dossiers complets aux élèves et de limiter l'intervention des adultes présents au strict minimum pour lancer les tâches. Les séances sont conduites par des enseignants de technologie qui donnent les consignes de la tâche, distribuent les documents et le matériel nécessaire et organisent la passation. Une explicitation de la nature expérimentale, présentée comme une parenthèse dans l'activité habituelle de la classe, introduisait la séance. Dans la présentation, l'enseignant explicitait la nature de l'étude, « *analyser comment des élèves de 4^e résolvaient deux problèmes technologiques représentatifs d'activités professionnelles* », et précisait qu'il découvrirait le travail en même temps qu'eux puisque les tâches, l'organisation et les modalités avaient été conçues par l'équipe de recherche, c'est-à-dire sans lui.

L'expérimentateur indiquait son extériorité également par rapport au contenu de l'expérience en affirmant qu'il était là uniquement pour s'assurer du recueil des données. L'hypothèse de l'influence des variables genre et nombre n'était pas

pas d'intervention
des adultes
pendant
l'expérimentation

évoquée directement si ce n'est pour préciser le choix de constitution des répartitions des élèves. Durant les phases de réalisation des tâches, le professeur et le ou les expérimentateurs présents avaient pour consigne de ne pas répondre aux questions des élèves si ce n'est par des encouragements qui ne donnent aucune indication sur la solution et sur la manière d'y parvenir. Les conditions mises en œuvre ont permis de réaliser ces expérimentations dans des classes à effectifs réduits à des demi-classes, mais de manière simultanée pour une même classe. Ici également, il s'agissait de laisser les élèves se débrouiller seul en disqualifiant les adultes présents par le fait qu'ils étaient extérieurs aux tâches que les élèves avaient à réaliser.

3. ASSEMBLAGE D'UN ENSEMBLE MÉCANIQUE ET ÉLECTRIQUE

3.1. Description de la tâche 1 : montage d'un chariot élévateur

assembler
des éléments
pour réaliser
un chariot élévateur

La tâche proposée consiste à assembler les éléments pour réaliser un chariot élévateur. Ce système est composé selon le principe des assemblages de type *meccano* et comprend un ensemble de plaques, de supports, d'axes et de roues. La mobilité est assurée par quatre roues. Les deux roues avant sont entraînées chacune par un moteur électrique et une transmission par réducteur à engrenages, ce qui permet d'obtenir des mouvements linéaires (avant et arrière) lorsque les deux moteurs actionnent les roues dans le même sens et des rotations du chariot (droite et gauche) dès lors que les deux moteurs actionnent les roues en sens contraire. L'élévateur est actionné par un troisième moteur électrique ; la transmission du mouvement se fait par un dispositif de vis sans fin afin d'obtenir les mouvements linéaires de la fourche vers le haut et vers le bas. L'alimentation de chacun des moteurs est assurée par un circuit électrique au travers d'une commande manuelle déportée.

À partir d'une vue éclatée du système (voir figure 1), d'un plan des connexions des circuits électriques (voir figures 2 et 3), de l'ensemble des éléments et de l'outillage nécessaire, les élèves doivent construire le chariot élévateur et le faire fonctionner : marche avant, marche arrière, rotation à droite et à gauche, lever et baisser une charge. L'énoncé de la tâche n'indique ni procédure, ni algorithme particulier pour arriver à la solution. Aucun sous-ensemble mécanique, à l'exception des blocs moteurs-réducteurs, n'est préassemblé ; en revanche, le boîtier de commande déporté est câblé, les élèves doivent le raccorder au connecteur prévu à cet effet. Les élèves disposaient de 45 minutes pour réaliser ce montage.

Figure 1. Vue éclatée de l'ensemble chariot élévateur

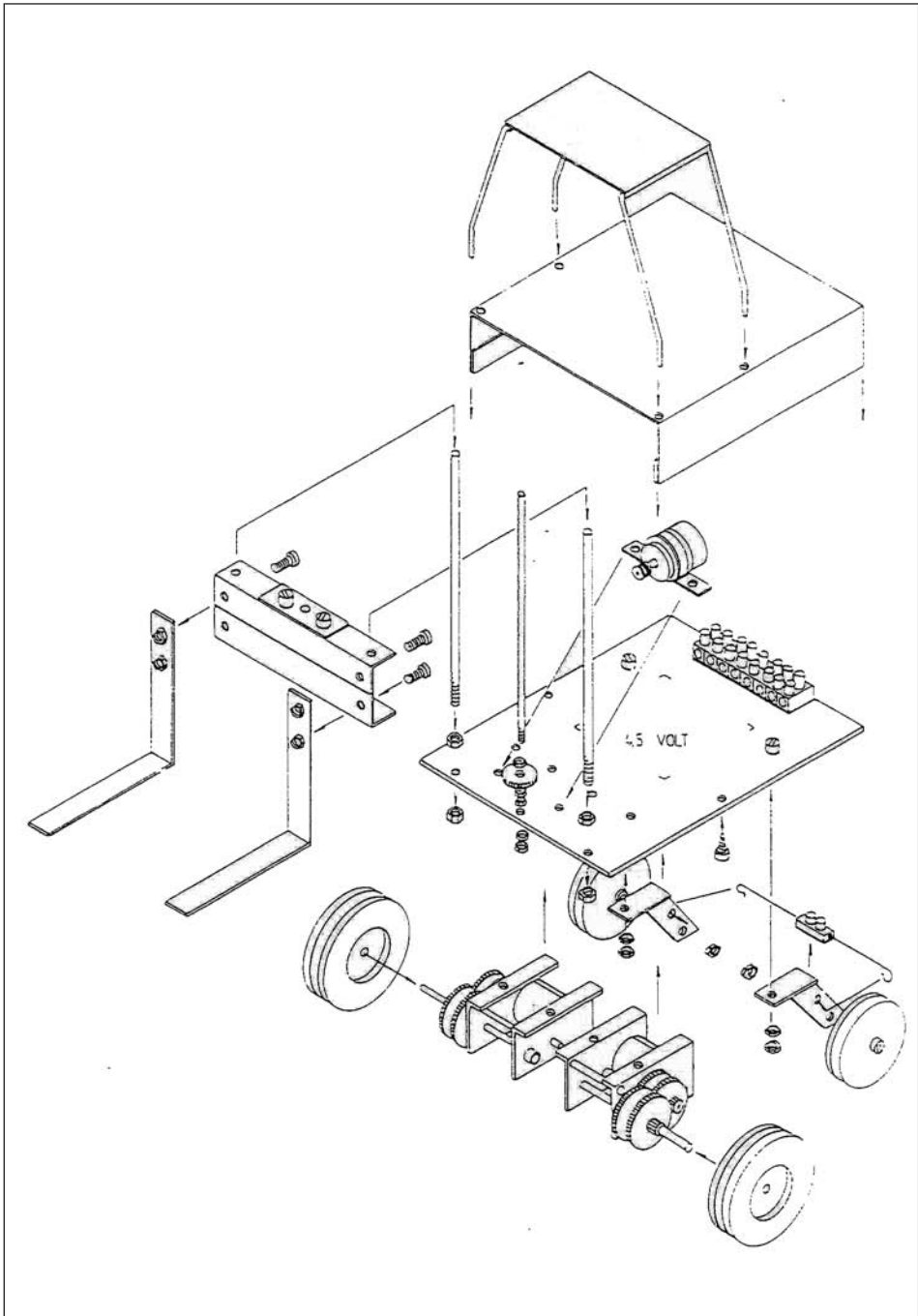


Figure 2. Plan de câblage des moteurs

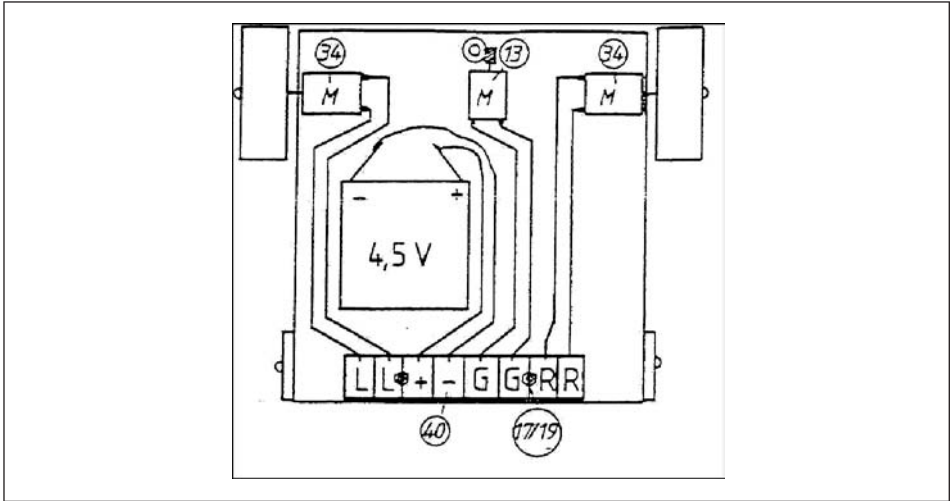
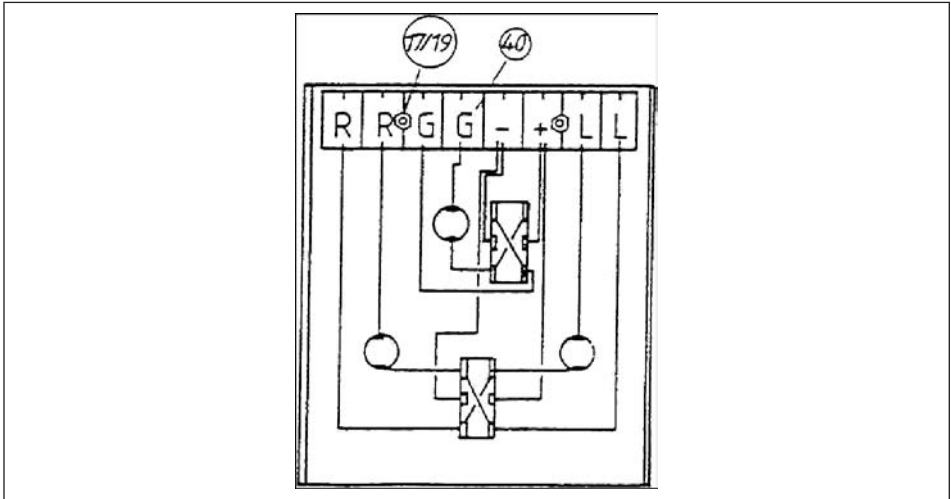


Figure 3. Boîtier de commande déporté (câblage)



Pour arriver au résultat, les élèves doivent réaliser les opérations suivantes : 1) fixer les roues arrière avec l'axe de direction sur le châssis du chariot, 2) fixer les roues avant sur le châssis du chariot, 3) monter l'ensemble vis sans fin et tiges de guidage de l'élève, 4) fixer l'ensemble vis sans fin et tiges de guidage de l'élève sur le châssis du chariot, 5) monter les fourches de portage de l'élève, 6) fixer les moteurs de l'élève et du chariot mobile sur le châssis du

chariot, 7) assurer les liaisons mécaniques entre les moteurs et les éléments actionnés (roues avant du chariot et vis sans fin de l'élève), 8) réaliser les câblages des différents moteurs, 9) raccorder le boîtier de commande déporté, 10) mettre en place la carrosserie.

une tâche marquée
socialement
comme masculine

De part sa nature, cette tâche d'assemblage d'éléments mécaniques et électriques relève plutôt d'activités socialement marquées comme masculines chez des élèves de 11-12 ans en technologie, comme le notait déjà Duru-Bellat (1995). Par ailleurs, organiser une activité à plusieurs, suppose de décomposer *a priori* la tâche en sous-tâches et de les répartir entre les membres du groupe ; il faut développer une coordination de l'exécution des sous-tâches. C'est cette décomposition que nous regardons et la manière dont chaque élève s'en empare ; l'activité de chacun dans les groupes est significative des rapports qui s'établissent entre les enfants et donc de la répartition entre les genres.

Le recueil des données est fait à partir des productions des élèves. Pour la tâche 1, l'assemblage est évalué en fin de séance. Pour chacune des dix opérations, l'évaluation permet de repérer les montages non réalisés, les montages mal effectués et les montages corrects. Cette analyse des résultats est couplée à une analyse des activités des élèves au travers de l'ensemble des brouillons et des comptes-rendus d'observations directes conduites par les expérimentateurs. Il s'agit de relever les opérations réalisées par les élèves et l'ordre dans lequel ils les ont réalisées.

3.2. Analyse des résultats de l'assemblage du chariot élévateur

• Résultats d'ensemble

tous les élèves
essaient
de proposer
un montage

La réalisation d'une des dix opérations d'assemblage se traduit soit par l'obtention d'un montage correct, soit par un montage mal effectué (c'est-à-dire qui ne permet pas de réaliser la fonction attendue de l'assemblage). Nous faisons figurer dans la catégorie des montages non réalisés, les situations pour lesquelles les élèves ne proposent pas de solution ou celles pour lesquelles leurs propositions sont incomplètes, ne permettant pas d'assurer de manière minimale le fonctionnement. Le tableau suivant présente l'ensemble des solutions proposées par tous les élèves (filles et garçons, travaillant seuls ou à deux) sous forme de montages correspondant à l'une des dix opérations, par les élèves.

Tous les élèves essaient de proposer des montages. Les propositions que nous avons classées dans la catégorie montage non réalisé sont généralement incomplètes et non fonctionnelles ; parfois, le choix fait pour une opération conduit à un blocage.

**Tableau 3. Résultats obtenus par l'ensemble des élèves
pour les dix opérations d'assemblage**

Opérations	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
1) fixer les roues arrière	67	76	117	260
2) fixer les roues avant	70	76	114	260
3) monter l'ensemble élévateur	71	71	118	260
4) fixer l'ensemble élévateur	72	74	114	260
5) monter les fourches de l'élévateur	75	67	118	260
6) fixer les moteurs	57	83	120	260
7) assurer les liaisons mécaniques	91	64	105	260
8) réaliser les câblages des différents moteurs	172	42	46	260
9) raccorder le boîtier de commande	192	40	28	260
10) mettre en place la carrosserie	68	54	138	260
Total	935	647	1018	2600

Nous n'avons repéré d'absences de propositions que pour les opérations relatives à la partie électrique.

Les résultats montrent que, majoritairement, les élèves proposent une solution pour toutes les opérations (64 % de solutions proposées), même s'ils n'arrivent pas à un montage correct (1 018 montages corrects, soit 39 %, et 636 montages mal effectués pour un total de 2600 montages). On notera également que ces résultats confirment les difficultés des élèves relatives à la partie électrique ; en effet, ils sont à peine 18 % à proposer un montage correct pour l'opération 8 (câblage des moteurs) et près de 11 % pour l'opération 9 (raccorder le boîtier de commande).

un bon engagement des élèves dans la tâche proposée

Malgré les contraintes fortes qui pesaient sur la réalisation de cette tâche (temps limité et très faible niveau d'injonction didactique de l'enseignant et de l'expérimentateur), nous devons d'abord souligner le bon taux d'engagement des élèves dans la tâche et le bon taux de réussite atteint dans ces conditions.

• Fille ou garçon, quelle incidence sur l'assemblage du chariot élévateur ?

Pour analyser les productions des élèves selon le genre, nous avons regroupé plusieurs opérations de même nature

ensemble : le montage du châssis (opérations 1, 2 et 10), le montage de l'élévateur (opérations 3, 4 et 5), l'installation des moteurs (opérations 6 et 7), le câblage des différents éléments électriques (opérations 8 et 9). Par ailleurs, dans cette partie, nous avons regroupé les résultats pour un même genre, que les élèves aient travaillé seuls ou en groupe ; nous n'avons pas par conséquent pris en compte les résultats obtenus par les groupes mixtes. Ce sont ces résultats que nous présentons ici. L'assemblage du châssis consiste à monter les roues avant et arrière et à fixer la carrosserie. Le tableau suivant présente la répartition des montages proposés par les élèves

Tableau 4. Répartition par genres des solutions proposées par les élèves pour l'assemblage du châssis

	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Filles	89	98	146	333
Garçons	85	76	157	318
Total	174	174	303	651

Ces résultats ne font apparaître aucune différence statistiquement significative. Les montages proposés par les filles ne se distinguent pas de ceux proposés par les garçons. Le montage du châssis est un ensemble d'opérations plutôt bien réussi par les élèves : près de 47 % proposent un montage correct (environ 44 % de filles et 49 % de garçons).

L'assemblage de l'élévateur consiste à monter la vis sans fin et les guides de translation, à les fixer sur le châssis et à installer les fourches de portage. Ce sont les résultats à ces trois opérations qui sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 5. Répartition par genres des solutions proposées par les élèves pour l'assemblage de l'élévateur

	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Filles	96	94	143	333
Garçons	89	83	146	318
Total	185	177	289	651

Il n'y a aucune différence statistiquement significative entre genres pour cet ensemble d'opérations. Le nombre d'élèves à proposer une solution correcte est un peu inférieur que celui que nous avons relevé pour l'assemblage du châssis (environ 44 % des élèves au lieu des 47 % relevés précédemment). Les garçons sont légèrement plus nombreux (46 %) à proposer un montage correct que les filles (43 %) mais la légère distinction entre les deux sexes que nous avons indiquée ci-dessus s'amenuise encore plus ici.

La pose des moteurs comprend leur fixation sur le châssis, ce qui suppose de les positionner correctement, et le couplage mécanique entre chaque moteur et la partie mécanique qu'il entraîne : les deux roues avant du chariot et la vis sans fin de l'élévateur. Le tableau suivant présente les résultats des montages retenus par les élèves pour cet ensemble d'opérations.

Tableau 6. Répartition par genres des solutions proposées par les élèves pour la pose des moteurs

	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Filles	66	66	90	222
Garçons	58	56	98	212
Total	124	122	188	434

Nous ne relevons pas non plus ici de différence statistiquement significative entre les résultats obtenus par les filles et ceux des garçons. Cette partie pose un peu plus de problèmes aux élèves puisque le nombre de montages corrects proposés (43 %) est inférieur à celui obtenu pour les opérations précédentes. Les garçons sont plus nombreux à proposer un montage correct bien que la différence entre les deux sexes ne soit pas significative.

Le câblage comportait deux opérations distinctes : câbler les trois moteurs électriques et brancher la commande manuelle déportée. Les résultats sont présentés ci-dessous.

Tableau 7. Répartition par genres des solutions proposées par les élèves pour le câblage des éléments électriques

	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Filles	173	27	22	222
Garçons	136	40	36	212
Total	309	67	58	434

Ces résultats montrent qu'un faible nombre d'élèves est arrivé à bout de la partie électrique (environ 13 % pour les deux opérations). La différence entre les filles et les garçons, statistiquement significative à .006, s'affirme ici. En effet, 76 groupes de garçons (36 %) ont essayé de réaliser ces deux opérations (36 proposent un montage correct et 40 proposent un montage mal effectué) alors que l'on ne compte que 49 groupes de filles (22 %).

D'une manière globale, le genre n'intervient que très peu dans les performances des élèves ; pour huit opérations sur dix, les résultats entre les filles et les garçons sont comparables. La réalisation de la partie électrique de la tâche est celle

qui pose le plus de problèmes à tous les élèves même si les garçons essaient plus que les filles de proposer un montage. La seule différence que l'on peut faire entre les deux sexes porte sur cette partie.

pas de différence
entre les productions
filles/garçons
pour l'assemblage

De fait, la logique induite par la tâche met en avant la prédominance de l'assemblage des différents éléments de structure mécanique repérés dans la vue éclatée (voir figure 1) qui apparaît comme préalable à l'assemblage de la partie électrique : on réalise l'ensemble mécanique avant de réaliser le câblage électrique. Cette logique s'impose de manière très forte comme logique de réalisation de la tâche et n'induit pas de différence statistiquement significative entre les filles et les garçons. Autrement dit, les filles et les garçons concentrent l'essentiel de leurs activités à l'assemblage des parties mécaniques avec le même degré de réalisation et de réussite. Nous allons à présent examiner les performances des élèves selon qu'ils fonctionnent en groupe ou seuls.

• Travail seul ou à deux, quelle incidence sur l'assemblage du chariot élévateur ?

Pour analyser l'incidence du travail, seul ou à deux, nous avons repris les regroupements d'opérations effectués précédemment pour regarder les effets de genre. Nous avons ensuite regroupé les résultats obtenus par tous les élèves, garçons et filles, travaillant seuls, d'une part, et, d'autre part, travaillant en groupes, qu'il s'agisse de deux filles, de deux garçons ou d'une fille et d'un garçon. Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'analyse des montages proposés par les élèves selon qu'ils ont travaillé seuls ou à deux.

Tableau 8. Répartition par groupes des solutions proposées par les élèves pour l'assemblage du châssis

	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Individuels	106	110	177	393
À deux	99	96	192	387
Total	205	206	369	780

Cet ensemble d'opérations est réalisé par près des trois-quarts des élèves, qu'ils travaillent seuls ou à deux. Plus de 47 % des élèves réussissent cet assemblage. Ils sont 45 % à atteindre ce niveau de performance en individuel et pratiquement 50 % en groupes de deux. Bien que ne présentant pas de différence statistiquement significative, ces résultats témoignent d'un léger avantage au travail à deux.

Le tableau suivant présente les résultats de l'incidence de la composition des groupes (individuel ou à deux) sur l'assemblage de l'élévateur.

Tableau 9. Répartition par groupes des solutions proposées par les élèves pour l'assemblage de l'élévateur

	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Individuels	115	108	170	393
À deux	103	104	180	387
Total	218	212	350	780

La majorité des élèves (72 %) propose un montage ; un peu moins de 71 % des élèves travaillent seuls et un peu plus de 73 % des élèves travaillent en groupe.

Ils sont 45 % à proposer un montage correct (43 % en individuels et plus de 46 % à deux). On notera cette légère tendance à une meilleure performance des élèves lorsqu'ils produisent à deux, bien que le test de χ^2 ne fasse apparaître aucune différence statistiquement significative entre ces deux variables.

Nous étudions ensuite l'incidence du travail, seul ou à deux, sur les performances dans le montage des moteurs ; les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 10. Répartition par groupes des solutions proposées par les élèves pour l'assemblage des moteurs

	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Individuels	73	75	114	262
À deux	75	72	111	258
Total	148	147	225	520

Près de 72 % des élèves proposent un montage du moteur (un peu plus de 72 % des individuels et près de 71 % des groupes à deux élèves). En regard de l'ensemble des résultats obtenus, sur ces opérations, nous constatons que les effectifs d'élèves seuls qui proposent une solution sont légèrement supérieurs à ceux des élèves travaillant à deux. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux items. Ils sont près de 43 % à proposer un montage correct avec une répartition entre les individuels et ceux qui travaillent à deux.

Le dernier item étudié s'intéresse au câblage de la partie électrique. Ce sont ces résultats qui sont rassemblés dans le tableau suivant.

Tableau 11. Répartition par groupes des solutions proposées par les élèves pour le câblage des éléments électriques

	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Individuels	202	34	26	262
À deux	162	48	48	258
Total	364	82	74	520

Le câblage des différents éléments électriques correspond à un ensemble d'opérations que les élèves font peu, seulement 30 % proposent un montage et ils sont légèrement plus de 14 % à proposer un montage correct.

les élèves sont plus performants en groupe

Il existe une différence statistiquement significative, à .001, entre le groupe des élèves travaillant seuls et celui où ils travaillaient à deux. D'une manière générale, les élèves travaillant à deux sont plus nombreux à proposer un montage (plus de 37 % pour les groupes de deux élèves contre près de 23 % pour ceux qui travaillaient seuls) et ils sont également plus nombreux à proposer un montage correct (près de 19 % pour les groupes de deux élèves contre environ 10 % pour ceux qui travaillaient seuls).

Les opérations d'assemblages mécaniques ne permettent pas de discriminer les élèves selon le fait qu'ils travaillent seuls ou à deux ; de la même manière, ces opérations ne permettent pas de distinguer les performances entre les filles et les garçons. En revanche, le câblage de la partie électrique est lui très discriminant sur les deux items entre les filles et les garçons et entre un travail individuel ou à deux.

Nous indiquions précédemment que la tâche induisait une logique forte de chronologie de réalisation : l'assemblage de la partie mécanique suivi du câblage électrique. La contrainte imposée par le temps limité s'exacerbe donc sur ce dernier ensemble d'opérations ; les élèves commencent par réaliser l'assemblage mécanique, leur niveau de réalisation est plutôt bon, qu'ils travaillent seuls ou en groupes, que ce soient des filles ou des garçons.

le câblage pose problème aux élèves

La réalisation du câblage leur pose plus de problèmes du fait de la brièveté du temps imparti et, sans doute, de la nature de l'activité qui suppose de faire des inférences entre les schémas fournis et les modes de repérage des différentes parties électriques. Afin de mieux caractériser ces différences, nous allons examiner les performances des élèves selon ces deux opérations.

• Filles ou garçons, seuls ou à deux, comment se débrouillent-ils face à la difficulté ?

Deux opérations, câbler les moteurs (opération 8) et raccorder le boîtier de commande (opération 9), posent de sérieux problèmes aux élèves : 30 % des élèves proposent des montages de la partie électrique alors qu'ils sont toujours plus de 70 % à en proposer pour les différents assemblages mécaniques. Face à la difficulté, il semble que les garçons s'en sortent mieux que les filles et que les groupes de deux élèves sont plus performants que les élèves travaillant seuls. Le tableau suivant présente la répartition des élèves selon les montages qu'ils ont proposés pour le câblage des moteurs.

Tableau 12. Répartition des élèves selon le genre et le groupe en fonction des montages proposés pour le câblage des moteurs

Groupes	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Filles seules	55	7	5	67
Garçons seuls	44	9	11	64
Deux filles	25	10	9	44
Deux garçons	23	8	11	42
Une fille et un garçon	25	8	10	43
Total	172	42	46	260

Pour cette opération 8, le test de χ^2 fait apparaître une différence statistiquement significative, à .08, entre les différentes compositions des groupes d'élèves (filles ou garçons, seuls ou à deux). Complétons cette vision globale par une analyse plus approfondie. La comparaison des termes entre eux montre que :

- Les garçons seuls proposent plus de montages et plus de montages corrects que les filles seules (différence statistiquement significative à .02).
- Les garçons travaillant à deux proposent un petit peu plus de montages corrects que les groupes de deux filles mais la différence entre les deux sexes est nettement moins marquée que pour le travail seul (différence statistiquement peu significative à .1).
- Les filles qui travaillent à deux proposent plus de montages (19 montages) et plus de montages corrects (9 montages) que les filles travaillant seules (respectivement, 12 montages proposés et 5 montages corrects). La différence est statistiquement significative à .01.
- Le fait que les garçons travaillent seuls ou à deux n'induit pas de différence statistiquement significative.
- Il n'y a pas de différence statistiquement significative dès lors que l'on compare les trois modalités de travail en groupes de deux (deux garçons, deux filles ou un garçon et une fille).

les filles en groupe de 2...

...surmontent mieux la difficulté que seules

Il apparaît donc que les filles, confrontées à une difficulté, la surmontent mieux dès lors qu'elles travaillent à deux. Il apparaît également que les garçons seuls surmontent mieux cette difficulté que les filles seules alors qu'il n'y a pas réellement d'effets de groupe sur les performances des garçons et que l'effet genre n'est pas très marqué dès lors que les élèves travaillent en groupe.

Nous allons compléter cette analyse par l'examen des résultats obtenus pour l'opération 9 de câblage de la commande, résultats qui sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13. Répartition des élèves selon le genre et le groupe en fonction des montages proposés pour le câblage de la commande

Groupes	Montage non réalisé	Montage mal effectué	Montage correct	Total
Filles seules	58	6	3	67
Garçons seuls	45	12	7	64
Deux filles	35	4	5	44
Deux garçons	24	11	7	42
Une fille et un garçon	30	7	6	43
Total	192	40	28	260

Cette opération est de toute évidence la plus complexe à réaliser, très peu d'élèves proposent un montage correct. Le test de χ^2 fait apparaître une différence statistiquement significative, à .07, entre les différentes compositions des groupes d'élèves (filles ou garçons, seuls ou à deux). Comme pour l'opération précédente, complétons cette analyse globale en comparant les termes entre eux :

- Les garçons seuls proposent plus de montages et plus de montages corrects que les filles seules (différence statistiquement significative à .04).
- Les garçons travaillant à deux proposent plus de montages et plus de montages corrects que les groupes de deux filles. Dans ce cas, la différence entre les deux sexes est statistiquement significative à .02.
- Les filles qui travaillent à deux proposent plus de montages corrects (5 montages) que les filles travaillant seules (3 montages). La différence est statistiquement significative à .03.
- Le fait que les garçons travaillent seuls ou à deux induit une différence statistiquement significative à .03, différence comparable à celle qui sépare les filles travaillant seules ou à deux.
- Il apparaît une différence statistiquement peu significative (à .1) dès lors que l'on compare les trois modalités de travail en groupes de deux (deux garçons, deux filles ou un garçon et une fille).

Cette analyse confirme en l'accentuant les résultats de la précédente. D'une part, face à la difficulté, les garçons s'en sortent mieux que les filles, qu'ils travaillent seuls ou en groupes. D'autre part, le travail à deux apparaît comme un facilitateur puisque dans tous les cas les performances, qu'il s'agisse de réalisation ou de réussite, sont meilleures.

Les propositions de montage pour ces deux opérations, d'une part, renforcent les différences que nous mentionnions précédemment et, d'autre part, en marquent de nouvelles.

Nous pouvons ainsi remarquer que pour des opérations réalisables par la grande majorité des élèves, il n'y a pas de différences induites soit par le genre des élèves, soit par le

le travail à 2
facilite...

...l'élaboration
d'une solution

fait qu'ils travaillent seuls ou à deux. En revanche, dès qu'apparaissent les difficultés, les différences se marquent : d'une part, les filles travaillent mieux à deux que seules et, d'autre part, les garçons s'en sortent mieux que les filles. Lorsque ce qu'on leur demande devient très difficile pour eux (cas de l'opération 9 soumise à la contrainte d'un temps qui devient très restreint), les deux variables, genre et groupe, agissent comme des discriminants sur les performances : les garçons s'en sortent mieux que les filles et le travail à deux est plus efficace que le travail seul.

4. ORGANISATION DE DOCUMENTS COMPTABLES

4.1. Description de la tâche 2 : tri et ordonnancement de documents comptables

organiser
le rangement
de 54 documents...

La tâche proposée consiste à organiser le rangement d'un ensemble de documents comptables qui relèvent de trois catégories distinctes : le bon de commande, le bon de livraison et la facture. L'ensemble relève de l'activité d'une seule entreprise qui s'approvisionne en trois produits distincts (matériel électronique, petite mécanique et bureautique) ; il se compose de dix-huit documents pour chacune des trois catégories, soit cinquante-quatre documents en tout. Chaque document indique clairement l'expéditeur, le destinataire, l'objet, la référence, la date, la personne chargée du suivi ainsi que les éléments contextuels (matériels concernés, indications techniques sur la suite à donner à chaque document, etc.).

...comme
dans une entreprise

L'ensemble des cinquante-quatre documents est distribué aux élèves. Cet ensemble est fourni sans aucun classement apparent qu'il s'agisse d'un classement chronologique (du plus ancien au plus récent, ou *vice versa*), par référence (selon un ordre alphanumérique des références des documents fournis), par catégorie de documents (tous les bons de commandes, tous les bons de livraison, toutes les factures) ou par fournisseurs (tous les documents concernant une même entreprise sont regroupés ensemble). Ce classement aléatoire est strictement identique pour tous les élèves qui réalisent cette tâche. Les élèves disposent d'un ensemble de chemises cartonnées de couleurs différentes, d'une feuille de papier et d'un stylo. Ils doivent proposer un ordonnancement des cinquante-quatre documents. La consigne indique qu'ils doivent classer ces documents comme dans une entreprise. Ils disposent de vingt minutes pour classer et de cinq minutes à la fin pour décrire la méthode de classement qu'ils ont retenue. Pour arriver au résultat, les élèves doivent identifier les informations utiles fournies sur chacun des documents afin d'en extraire les clés de classement. L'élaboration d'une solution consiste à croiser plusieurs clés de classement : a) la nature du document, bon de commande (C), bon de livraison (L) et

facture (F), b) l'identité de l'entreprise commandant la marchandise et celle la fournissant, c) les dates de commande, de livraison et de facturation. Le classement optimal consiste à réunir dans une même chemise l'ensemble des documents de même type (les commandes, les livraisons et les factures). Les commandes sont classées chronologiquement (la plus ancienne en bas de la pile, la plus récente au-dessus). Le numéro d'ordre contenu dans la référence de l'entreprise qui a commandé la marchandise se retrouve dans les références reprises par le fournisseur lorsqu'il élabore les bons de livraison et les factures. C'est cette clé qui sert de base au classement de ces deux types de documents.

différentes façons
de classer
les documents

Parmi les autres classements, l'un consisterait à réunir dans une même chemise tous les documents (C, L et F) relatifs à une même entreprise, un autre consisterait à rassembler les documents (C, L et F) par familles d'objets concernés (par exemple, tous les composants électroniques ensemble). Ces classements ne sont pas optimaux car, s'ils présentent l'avantage de regrouper tous les documents concernant une même opération (commande, livraison et facturation), ils sont incompatibles avec une organisation comptable de la gestion de l'entreprise.

On peut déterminer un ensemble d'opérations qui vont conduire les sujets à proposer un ordonnancement des documents qu'ils ont à classer : 1) identifier la nature du document, 2) identifier l'entreprise, 3) identifier les références du document (date, références expéditeur et destinataire), 4) définir les catégories principales de classement (par exemple, les bons de commande, les bons de livraison et les factures), 5) classer les documents dans les catégories principales définies 6) définir les sous-catégories de classement (par exemple, la date ou la référence), 7) classer les documents dans les sous-catégories.

une tâche marquée
socialement
comme féminine

De part sa nature, cette tâche d'ordonnancement de documents administratifs relève plutôt d'activités socialement marquées comme féminines (Duru-Bellat, 1995). Le travail en groupe ici suppose une prise de décision *a priori* sur la manière de faire le classement, chaque membre du groupe peut contribuer individuellement à cette réalisation dès lors qu'une coordination est mise en œuvre, coordination qui peut intervenir en fin d'activité (par exemple, chacun classe un paquet de documents selon des critères identifiés *a priori*). Pour cette tâche, l'organisation des documents retenue par les élèves est évaluée en fin de séance. Les expérimentateurs repèrent l'ordre adopté par les élèves, les écarts internes à ce classement et la cohérence de la méthode choisie avec les indications données dans le compte rendu écrit.

4.2. Analyse des résultats de l'ordonnancement de documents comptables

Nous ne présenterons pas ici l'ensemble des résultats pour cette tâche de manière aussi détaillée que pour la première

retrouvera-t-on
les mêmes résultats ?

tâche mais seulement ceux qui appuient les tendances dégagées dans la première analyse. La précédente tâche, classée comme tâche relevant d'activités repérées socialement comme masculines, montrait que pour les opérations réalisables par la grande majorité des élèves, il n'y a pas de différences induites par le genre des élèves ou par le fait qu'ils travaillent seuls ou à deux. En revanche, dès qu'apparaissent les difficultés, les différences se marquent : les garçons s'en sortent mieux que les filles et le travail à deux est plus efficace que le travail seul. Nous avons montré que ces difficultés avaient été créées de manière artificielle en jouant sur les contraintes de la tâche. De fait, l'étude qui suit doit permettre de comprendre si le caractère sexué de la tâche a une incidence sur ces résultats et donc si l'avantage noté pour les garçons dans la réalisation d'une tâche masculine se retrouve dans une tâche classée féminine.

• Résultats d'ensemble

organiser
7 opérations
pour réaliser
la tâche

Le classement de l'ensemble des trois types de documents (bons de commande, bons de livraison, factures) suppose de réaliser les sept opérations que l'on peut regrouper en trois groupes d'actions distinctes : a) le repérage et l'identification des informations utiles sur le document (nature, expéditeur, destinataire, référence, date), b) la définition de la catégorie principale et le classement selon cette catégorie, c) la définition de la sous-catégorie et le classement selon cette sous-catégorie. La réalisation est appréciée selon que la solution proposée est optimale ou erronée. La non réalisation est retenue dès lors que les élèves ne proposent pas de solutions ou que celles qu'ils proposent ne permettent pas de rendre compte d'un choix clairement établi. Dans un premier temps, nous présentons la répartition de l'ensemble des solutions des élèves, filles ou garçons, qu'ils travaillent seuls ou en groupes. C'est cette répartition qui est proposée dans le tableau suivant.

Tableau 14. Résultats obtenus par l'ensemble des élèves pour les sept opérations d'ordonnement

Opérations	Non réalisée	Solution erronée	Solution optimale	Total
1 – identifier la nature	20	8	232	260
2 – identifier l'entreprise	12	12	236	260
3 – identifier les références	55	41	164	260
4 – définir les catégories principales	84	73	103	260
5 – classer selon les catégories principales	95	67	98	260
6 – définir les sous-catégories	105	52	103	260
7 – classer selon les sous-catégories	119	43	98	260
Total	490	296	1034	1820

3 élèves sur 4
proposent
une solution

D'une manière générale, près de trois élèves sur quatre proposent une solution, 57 % proposent une solution optimale et 16 % proposent une solution erronée. Le repérage et l'identification sont les opérations les plus largement réussies par les élèves, notamment en ce qui concerne les informations concernant la nature des documents (89 % des solutions) ou l'identification de l'expéditeur et du destinataire (91 % des solutions). L'identification des références pose plus de problèmes même s'ils restent une majorité (63 %) à proposer une solution optimale. En revanche la définition des catégories et sous-catégories de classement et la réalisation du classement selon ces définitions n'est optimale que pour environ 40 % des élèves. Ces deux opérations sont celles qui posent problème aux élèves.

• Filles ou garçons, quelle incidence sur l'ordonnement des documents ?

Le tableau suivant présente de manière synthétique les résultats obtenus sur trois regroupements d'opérations : a) repérer et identifier les informations sur les documents (opérations 1, 2 et 3) ; b) classer les documents selon des catégories principales (opérations 4 et 5) ; c) classer les documents selon des sous-catégories (opérations 6 et 7).

Tableau 15. Répartition par genres des solutions proposées par les élèves pour l'ordonnement des documents

	Genre	Non réalisée	Solution erronée	Solution optimale	Total
Identifier les informations	Filles	42	22	269	333
	Garçons	41	25	252	318
	Total	83	47	521	651
Classification selon une catégorie principale	Filles	83	56	83	222
	Garçons	76	57	79	212
	Total	159	113	162	434
Classification selon une catégorie secondaire	Filles	104	36	82	222
	Garçons	97	38	77	212
	Total	201	74	159	434

bonne réussite
pour identifier
des informations
sur les documents

Les résultats obtenus pour l'identification des informations sur les documents caractérisent la bonne réussite des élèves à cet ensemble d'opérations. Près de quatre élèves sur cinq proposent une solution satisfaisante (81 % de filles et 79 % de garçons) sans que l'on constate de différence statistiquement significative entre les genres.

De la même manière, l'identification et la classification des documents selon une catégorie principale (opérations 4 et 5) ne pose pas de réels problèmes de réalisation aux élèves : une large majorité propose une solution (63 % de l'ensemble des élèves) mais seulement 37 % adoptent une solution optimale. Le genre n'est pas discriminant pour ce type d'opérations, il n'y a pas de

niveaux
de performance
équivalents entre
garçons et filles

différence statistiquement significative entre les solutions proposées par les filles et celles proposées par les garçons.

La définition et l'utilisation d'une sous-catégorie pose plus de problèmes aux élèves puisqu'ils ne sont plus que 54 % à proposer une solution (un peu plus de 53 % de filles et un peu plus de 54 % de garçons). Toutefois, on notera que les élèves qui proposent une solution optimale (environ 37 % avec un léger avantage pour les garçons) sont à peu près le même nombre pour cet ensemble d'opérations qui consistait à classer les documents à l'intérieur des catégories principales que pour les opérations de classement selon les termes de la catégorie principale. Ce résultat semble indiquer qu'une vision claire de l'organisation des documents résiste assez bien à la succession des opérations et à l'imbrication entre catégorie principale et sous-catégorie. En revanche, on constate un accroissement notable des non réalisations. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les filles et les garçons.

De fait, le caractère sexué de la tâche n'induit pas de discrimination entre les filles et les garçons qui ont des niveaux de performance comparables que ce soit dans la réalisation de la tâche ou dans sa réussite.

**• Seul ou à deux, quelle incidence
sur l'ordonnement des documents**

Nous reprendrons dans cette partie les regroupements d'opérations utilisés dans le précédent chapitre. Le tableau suivant présente les résultats pour les trois groupes d'opérations selon que les élèves travaillent seuls ou à deux.

**Tableau 16. Identification des informations sur les documents
selon que les élèves travaillent seuls ou à deux**

	Groupe	Non réalisée	Solution éronnée	Solution optimale	Total
Identifier les informations	Individuel	56	27	310	393
	À deux	31	34	322	387
	Total	87	61	632	780
Classification selon une catégorie principale	Individuel	110	63	89	262
	À deux	69	77	112	258
	Total	179	140	201	520
Classification selon une catégorie secondaire	Individuel	142	31	89	262
	À deux	85	61	112	258
	Total	227	92	201	520

Le travail à deux conduit à mieux identifier les informations que le travail seul ; en effet, ils sont 92 % dans le premier cas alors qu'ils ne sont que 86 % dans le second. La différence sur ce point est statistiquement significative à .02. Le travail collectif est plus performant que le travail individuel.

L'analyse des solutions proposées pour classer les documents selon une catégorie principale confirme la différence que nous constatons précédemment : dès lors qu'ils travaillent à deux, ils sont près de 73 % à proposer une solution, dont 43 % qui proposent une solution optimale, alors qu'ils ne sont que 58 % lorsqu'ils travaillent seuls, dont seulement 34 % qui proposent une solution optimale. La différence constatée est statistiquement significative à .001 confirmant ainsi le fait que le travail de groupe est plus pertinent pour réaliser ce type de tâches.

effet groupe sur
les performances
des élèves dans
les 2 tâches

Le nombre d'élèves proposant une solution baisse de manière sensible pour le classement des documents selon des sous-catégories. La différenciation s'accroît entre le travail seul ou à deux. La différence est statistiquement significative à .00001. De fait, les groupes de deux élèves produisent plus de solutions (67 % contre 46 %) et plus de solutions optimales (43 % contre 34 %) que les élèves travaillant seul.

Globalement, on constate qu'il n'y a pas réellement d'effet genre selon le caractère de la tâche que les élèves ont à réaliser : les légères différences constatées entre les filles et les garçons sur la première tâche, repérée comme tâche masculine, ne sont pas confirmées dans la seconde tâche, repérée elle comme tâche féminine. En revanche, dans les deux cas, on constate un effet de groupe : les élèves dans les deux tâches sont plus performants, ils réalisent plus d'opérations et les réussissent mieux à deux qu'à seuls.

5. DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette recherche, conduite auprès d'élèves de quinze classes de quatrième pris dans treize collèges différents de l'académie d'Aix-Marseille, nous permet de comprendre quelques éléments des processus de réalisation de tâches scolaires. D'un point de vue méthodologique, l'articulation analyse de la tâche et analyse de l'activité permet de rendre compte de la nature de la tâche, de la valeur des solutions possibles, des opérations nécessaires pour obtenir une solution et, en fin de compte, de l'efficacité de l'organisation et de la planification des actions réalisées par le ou les sujets pour définir la stratégie qui pilote leur activité. La constitution d'un large échantillon de classes, prises dans des établissements différents, relevant de populations et de milieux sociaux variés, permet d'avoir des résultats représentatifs de la population scolaire de collège. La composition des répartitions des élèves, filles/garçons, seuls ou à deux, de manière quasi identique dans chacune des classes, nous permet d'homogénéiser notre échantillon en inhibant les effets établissements sur les résultats.

un large échantillon
représentatif
des élèves
de collège

Au-delà des aspects méthodologiques, ce travail nous montre l'importance de l'investissement des élèves dans les tâches

des élèves impliqués dans les tâches proposées

qui leurs sont proposées. Qu'il s'agisse de la tâche d'assemblage du chariot élévateur ou de celle d'ordonnancement des documents administratifs, tous les élèves, filles ou garçons, travaillant seuls ou à deux, ont cherché des solutions partielles afin de réaliser ces tâches. La tâche d'ordonnancement de documents administratifs semble plus accessible à l'ensemble des élèves : on compte environ 27 % d'opérations non réalisées dans cette tâche alors que ce sont près de 36 % qui ne l'ont pas été dans l'autre. De fait, les tâches de production (dans le premier cas, production d'une maquette assemblée et fonctionnelle ; dans le second, production d'un ordonnancement de documents administratifs de natures différentes) apparaissent comme des tâches dans lesquelles les élèves s'investissent.

la distinction de genre est peu opérante

La distinction de genre n'est pas réellement opérante pour discriminer les solutions proposées par les élèves. Les seules différences significatives qui apparaissent le sont lorsque les élèves sont confrontés à des difficultés particulières, le câblage de la partie électrique, dans la tâche d'assemblage du chariot élévateur ; les garçons s'en sortent mieux que les filles en proposant plus de solutions et plus de solutions pertinentes. Globalement, ce peu de différences entre filles et garçons dans des tâches scolaires de ce type avait déjà été repéré par Roustan-Jalin, Ben Mim et Dupin (2002) mais nous avons également noté cette absence de différenciation à propos de l'attribution par des élèves du qualificatif de technique à des objets pris dans leur environnement (Andreucci & Ginestie, 2002). Ces résultats amènent deux commentaires.

inhibition des différences de genre par...

En premier lieu, la sexualisation des tâches telle que nous l'avons présentée au préalable ne se retrouve pas de manière formelle dans des différences de performance entre les filles et les garçons. L'institutionnalisation de références à des organisations sociales sexuellement marquées n'a pas réellement d'incidences sur les performances des élèves.

...la distance entre l'institution scolaire et les autres institutions sociales

En second lieu, l'organisation des situations scolaires tend à inhiber les différences dès lors que l'institution scolaire fait vivre des savoirs qui sont nettement séparés des autres institutions sociales. Il est clair que l'inscription des deux tâches dans un cadre scolaire, tel que nous l'avons construit, induit directement les activités développées par les élèves pour proposer des solutions. De fait, il n'est nullement étonnant que la tâche d'ordonnancement qui est une situation scolaire ordinaire et courante soit investie de cette manière par les élèves, indistinctement entre garçons et filles. La distinction des situations est moins nette dans la première tâche dans laquelle les filles proposent moins de solutions dès qu'elles sont confrontées à des difficultés. De fait, bien que socialement marquées dans leurs références, ces deux tâches n'induisent pas directement des comportements liés aux rôles sociaux que l'on pourrait attacher à chacune de ces tâches. Autrement dit, les filles ne réussissent pas mieux que

les garçons dans la tâche socialement marquée comme féminine et les garçons ne réussissent guère mieux dans celle repérée comme masculine. En ce sens, l'école joue là un rôle important de réduction de différenciation sociale par le genre des individus.

Le développement de compétences lié au travail en groupe est très net dans les résultats liés à la différenciation de la production de solutions selon que les élèves travaillaient seuls ou à deux. Dans la seconde tâche proposée, les élèves proposent plus de solutions et plus de solutions correctes dès lors qu'ils travaillent à deux. La collaboration qu'ils développent, les échanges de points de vue autour du but de la tâche, de la manière d'y parvenir et de la répartition des activités entre eux sont autant de facteurs qui favorisent la performance. De la même manière, une stratégie collective, même partiellement explicitée, se révèle plus performante lorsque les élèves sont confrontés à des difficultés : seuls, ils ont tendance à renoncer alors qu'à deux ils persistent beaucoup plus afin de trouver une solution. La répartition des activités entre eux est également un excellent moyen pour exécuter plus rapidement les opérations les plus faciles à réaliser et donc disposer de plus de temps pour chercher une solution aux opérations les plus difficiles à réaliser. Cette répartition des activités est plus aisée à réaliser dans la tâche d'ordonnement, ce qui permet de meilleures performances dès lors que les élèves travaillent à deux. Alors que les questions d'organisation préalable des activités de chacun ne faisaient pas partie explicitement des buts des deux tâches proposées, on s'aperçoit, à la lumière de ces résultats, que les élèves qui travaillent à deux adoptent une organisation et qu'ils progressent vers le but en se partageant le travail afin de se concentrer sur les difficultés à surmonter.

Marquer socialement les tâches selon une division sociale du travail, et donc selon une répartition des activités, ne faisait pas partie des contraintes retenues pour l'écriture des tâches. Le fait que l'on demande à des élèves de travailler à deux sur la même tâche, avec un seul jeu de documents et de supports, avec comme objectif de produire une solution unique, apparaît donc comme suffisant pour que les élèves s'organisent entre eux et organisent leur travail. Toutefois, comme il ne leur était rien demandé sur la valorisation de cette organisation, on peut penser qu'ils n'ont pas construit de savoirs particuliers sur cette dimension ou, s'ils l'ont fait, c'est de manière incidente. Dans la plupart des tâches scolaires qui sont proposées en technologie, le travail à deux ou à plusieurs n'est pas posé comme un élément important pour réaliser une tâche ou un ensemble de tâches. Ainsi, un décalage est créé en regard de situations prises dans d'autres institutions (par exemple, dans les entreprises). Il serait ainsi tentant de penser que la différence de performance entre les élèves qui travaillent seuls et ceux qui travaillent à deux n'est qu'une affaire de temps nécessaire à l'exécution des tâches ;

le travail à deux
facilite l'élaboration
de solutions

le travail de groupe
pour construire
des savoirs ?

« si on laissait plus de temps aux élèves qui travaillent seuls, alors on devrait réduire drastiquement les différences de performance entre le travail individuel et le travail en groupe ». Cela revient à nier le rôle des échanges et de l'explicitation entre pairs pour réaliser la tâche.

les situations
scolaires modifient
les situations
professionnelles

Les résultats de ce travail nous permettent d'avancer quelques éléments de conclusion partielle concernant les activités de production dans l'enseignement de la technologie au collège, que ce soit au travers de la non incidence du genre des élèves sur la réalisation des tâches ou de l'influence du travail à deux sur leurs performances. On notera que la référence à des situations professionnelles telles qu'elles peuvent exister dans des entreprises est largement nuancée par la construction des situations scolaires. D'un point de vue éducatif, il apparaît que l'enseignement de la technologie peut contribuer significativement à la modification de la compréhension des rôles sociaux des élèves que ce soit dans la réduction de la distinction entre activités féminines et activités masculines ou dans la valorisation du travail collectif au détriment du travail individuel. On peut donc réellement parler d'une éducation technologique pour tous qui contribue à l'éducation générale des élèves au travers de tâches et d'activités originales qui mettent en valeur des principes d'égalités et de coopération interindividuelle.

la situation
didactique induit
les activités
des élèves

D'un point de vue didactique, les résultats confirment le rôle joué par l'organisation de la situation didactique, organisation qui s'exprime dans l'énoncé des tâches proposées aux élèves et dans les conditions mises en œuvre pour la réalisation de ces tâches. De fait, la situation induit largement les activités des élèves et, en conséquence, leur niveau de performance. Dans cette perspective, il est clair que l'élaboration des situations didactiques est un enjeu décisif dans la mise en œuvre d'un enseignement ; cette question doit faire l'objet d'une attention particulière, notamment du point de vue de la formation des enseignants.

D'un point de vue épistémologique, les activités de production proposées aux élèves dans cette recherche articulent l'obtention d'un résultat (le chariot élévateur assemblé et fonctionnel, le classement de tous les documents) et l'élaboration d'une stratégie pour atteindre ce résultat. Cette stratégie suppose une planification et une anticipation des actions ; la réalisation suppose de mobiliser des savoirs pour pouvoir agir. On voit bien que mettre les élèves dans des conditions où ils doivent expliciter cette stratégie favorise la performance.

Eu égard à ces considérations, l'enseignement de la technologie, à quelques conditions d'organisation des situations près, se révèle un enseignement original car les activités de production proposées articulent de manière dynamique la mobilisation de savoirs et l'élaboration de stratégies de résolution originales. Les résultats sont directement significatifs

du niveau de performance, ils sont mesurables par l'élève lui-même au travers des fonctionnalités de la solution obtenue (« ça marche ou ça ne marche pas »).

Enfin, d'un point de vue plus théorique, ces résultats posent la question des institutionnalisations et de la manière dont les savoirs prennent corps dans des institutions différentes. Nous le voyons au travers de cette étude. Si l'objectif de ces deux tâches n'est que l'obtention du produit, alors les activités de production sont singulièrement appauvries. Tout l'intérêt réside dans cette dynamique de construction de savoirs dans l'institution scolaire au travers de ce processus de transmission et d'appropriation. Il y a là un vrai enjeu sur la nature et l'organisation des savoirs à faire vivre dans l'école en référence aux savoirs qui vivent dans les entreprises ; par exemple, cette question fait sens dans une réflexion plus large sur le débat entre adaptation à l'emploi et éducation citoyenne : l'institution scolaire doit-elle former des élèves qui sont adaptés à la division sexuelle du travail ou éduquer des élèves à la réduction des discriminations sexuelles dans la société ?

comment se forment
les savoirs
dans des institutions
différentes ?

Jacques Ginestie
Gestepro – UMR ADEF
IUFM Aix-Marseille,
Université de Provence, INRP
j.ginestie@aix-mrs.iufm.fr

BIBLIOGRAPHIE

- AMIGUES, R. & GINESTIÉ, J. (1991). Représentations et stratégies des élèves dans l'apprentissage d'un langage de commande : le GRAFCET. *Le travail humain*, n° 4, p. 1-19.
- AMIGUES, R., GINESTIÉ, J. & JOHSUA, S. (1995). L'enseignement de la technologie et les recherches en didactique. *Didaskalia*, n° 3, p. 34-51.
- ANDREUCCI, C. & GINESTIÉ, J. (2002). Un premier aperçu sur l'extension du concept d'objet technique chez les collégiens. *Didaskalia*, n° 20, p. 41-65.
- BAUDELLOT, C. & ESTABLET, R. (1998). *Allez les filles !* Paris : Éd. du Seuil.
- DEBLIEUX, M. (2000). *Interactions dyadiques, médiations sémiotiques et résumé de récit chez des enfants d'âge scolaire : comparaison entre situations individuelles et dyadiques de travail*. Thèse de doctorat, université de Provence, Aix-en-Provence.
- DONCKÈLE, J.-P. (2003). *Oser les pédagogies de groupe : enseigner autrement afin qu'ils apprennent vraiment*. Namur : Erasme ; Lyon : Chronique sociale.
- DURU-BELLAT, M. (1995). Filles et garçons à l'école, approches sociologiques et psychosociales. *Revue française de pédagogie*, n° 110.

DURU-BELLAT, M. (1997). *L'école des filles : quelle formation pour quels rôles sociaux ?* Paris : L'Harmattan.

DURU-BELLAT, M. (1998). *Sociologie de l'école*. Paris : Armand Colin.

DURU-BELLAT, M. (2003). *Les inégalités sociales à l'école : genèse et mythes*. Paris : PUF.

ESCUDIÉ, R. & LEBEAUME, J. (1999). *Comment c'est fabriqué ?* Paris : Nathan.

FEUILLADIEU, S. (2001). *Projets de lycéens : orientation et projets en classe de seconde générale et technologique*. Paris : L'Harmattan.

FOLLAIN, O. & LEBEAUME, J. (2001). Pratiques d'enseignement en technologie : quels objets et activités du domaine électronique au collège. *Didaskalia*, n° 19, p. 79-100.

GINESTIÉ, J. (1997). How to deal with the concept of technical object in technology education. *Report of the First international primary design and Technology conference*. Birmingham : CRIPT-UCE editions. p. 35-39.

GINESTIÉ, J. (1998). Some aspects of didactical point of view about the process of teaching learning in Technology education. *International Working Seminar of Scholars for Technology Education*, 24-27 September. Washington D.C., WOCATE, publication sur CD-ROM.

GINESTIÉ, J. (2000). Contribution à la constitution de faits didactiques en éducation technologique. *Skholê*, n° 11, p. 167-184.

GINESTIÉ, J. (2001). Qué metodología, para qué educación tecnológica. In C. Benson, M. De Vries, J. Ginestíe et al. *Educación tecnológica*. Santiago de Chile : LOM Ediciones, Fernando Mena Editor. p. 55-82.

GINESTIÉ, J. (2001). Una educación tecnológica para todos : aspectos didácticos. *Horizontes Educativos*, t. XXIV, n° 7, p. 12-48.

GINESTIÉ, J. (2001). Macro or micro strategies developed to implement new media in technology education. In M. De Vries & I. Mottier. *Proceedings PATT 11 conference : New media in technology education*. Eindhoven : Mottier & de Vries editors. p. 95-101.

GINESTIÉ, J. (2001). Epistemological and didactical issues in the teaching of automation and robotics. In I. Levin. *Report of the international meeting of Tel-Aviv : computer-aided approach in technology education*. Tel-Aviv : Tel-Aviv University editions.

GINESTIÉ, J. (2001). Technology education in French primary school : Which direction for which goals ? In C. Benson. *Third international primary design and Technology conference : quality in the making*. Birmingham : CRIPT-UCE editions. p. 70-74.

GINESTIÉ, J. (2002). The industrial project method in French industry and in French school. *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 12, n° 2, p. 99-122.

GINESTIÉ, J. (2002). Conditions d'étude et organisations scolaires en éducation technologique : état des travaux et perspectives. In J.-L. Martinand & J. Lebeaume.

Actes du séminaire de didactique des sciences et la technologie, février 2002. ENS Cachan, France.

GINESTIÉ, J. (2004). Réel et virtuel : une histoire de représentations. *Éducation technologique*. Paris : Delagrave. n° 24, p. 4-8.

GINESTIÉ, J. & ANDREUCCI, C. (1999). Designing and building : how children do this. In C. Benson. *Second international primary design and Technology conference : celebrating good practices*. Birmingham : CRIPT-UCE editions. p. 62-66.

GINESTIÉ, J. & BRANDT-POMARES, P. (1998). Distanced resources access in Technology education. In T. Kananoja, J. Kantola & M. Issakainen. *The principles and practices of teaching Technology*. Jyväskylä : University of Jyväskylä editors. p. 150-159.

GRUSENMAYER, C. & TROGNON, A. (1997). Les mécanismes coopératifs en jeu dans les communications de travail : un cadre méthodologique. *Le travail humain*, vol. 60, n° 1, p. 5-31.

JOHNSON, D. & JOHNSON, R. (1999, 5e éd.). *Learning together and alone : cooperative, competitive, and individualistic learning*. Boston : Allyn and Bacon.

KARSENTY, L. & FALZON, P. (1991). L'analyse des dialogues orientés tâche : introduction à des modèles de la communication. In R. Amalberti, M. Montmollin & J. Theureau (Éds.). *Modèles en analyse du travail*. Liège : Mardaga. p. 107-118.

KERGOAT, D. (2002). *Travail des hommes, travail des femmes : le mur invisible*. Paris : L'Harmattan.

LAUFER, J., MARRY, C. & MARUANI, M. (2001). *Masculin-féminin : questions pour les sciences de l'homme*. Paris : PUF.

LEBEAUME, J. (1998). La « techno », un enseignement unisexe. *Enfances et Psy*, n° 3, p. 115-118.

LEBEAUME, J. (2001). Pratiques sociotechniques de références, un concept pour l'intervention didactique : diffusion et appropriation par les enseignants de technologie. In A. Mercier, G. Lemoyne & A. Rouchier (Éds.). *Le génie didactique – Usages et mésusages des théories de l'enseignement*. Bruxelles : De Boeck. p. 127-142.

LEBEAUME, J. & MARTINAND, J.-L. (coord.) (1998). *Enseigner la technologie au collègue*. Paris : Hachette.

LEPLAT, J. (1994). Collective activity in work : some lines of research. *Le travail humain*, vol. 57, n° 3, p. 209-226.

LOPEZ, A. (2004). *Les modes de stabilisation en emploi en début de vie active : enquête génération 98*. [Texte imprimé]. Marseille : CÉREQ.

MORAIS, A. & VISSER W. (1987). Programmation d'automates industriels : adaptation par des débutants d'une méthode de spécification de procédures automatisées. *Psychologie française*. Paris : Société française de psychologie. n° 32, p. 4.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (1998). *L'avenir des professions à prédominance féminine*. Paris : OCDE.

PROULX, J. (2004). *L'apprentissage par projet*. Sainte-Foy : Presses de l'université du Québec.

RAK, I. (2001). *La technologie au collège : évaluer et enseigner*. Paris : Delagrave.

RAK, I. & MÉRIEUX, P. (1999). *Enseigner et évaluer les élèves en technologie dans le cycle central*. Paris : Delagrave.

ROUSTAN-JALIN, M., BEN MIM, H. & DUPIN, J.-J. (2002). Technologie, sciences, filles, garçons : des questions pour la didactique ? *Didaskalia*, n° 21, p. 9-42.

TALIS, V. & GINESTIÉ, J. (2003). Éducation technologique et systèmes automatisés à partir d'une expérience israélienne. *Éducation technologique*. Paris : Delagrave. n° 20, p. 18-24.

TILLY, L. & SCOTT, J. (2002). *Les femmes, le travail et la famille*. Traduction : M. Lebailly. Paris : Payot & Rivages.

VINCK, D. (1999). *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

Aster 41, 2005

BUILDING ACTIVITIES: ACT, REACT, INTERACT

SUMMARIES

Supply and Demand Discrepancies for Building Projects in Middle School

Joël Lebeaume

France's national curriculum states that technology class in middle school is to emphasize building projects. Nevertheless, teaching decisions are relegated to the local level (i.e. the schools themselves take the decisions) due to equipment and human constraints thereby creating discrepancies on the building-project level between what the Ministry-of-Education instructions should theoretically provide and the demand of pupils who, themselves, are virtually customers. This research article focuses on the description and analysis of objects built in middle school as well as the compromises adopted by various teachers. The objects produced are described and their purposes specified with teacher-education proposals being indicated.

Fine-Tuning Teaching Methods and the Computer Environment Teaching Support while. Building : Miniature Robots with 11 to 15 year olds

Pascal Leroux

Two questions must be addressed when designing an e-learning environment (ELE). Firstly, should ELE design be solely based upon the teaching and learning methods in one particular subject or should it be devoid of any specific subject matter and then adapted to a certain area ? In light of these questions, a logic of knowledge sharing between disciplines for apprenticeship-oriented and computer-aided-learning subjects would seem most appropriate. This article illustrates the example of knowledge sharing based upon a step-by-step/guided (le 1^{er} est + précis alors que le deuxième plus flou – à vous de choisir) micro-robot building-project which integrates the computer environment into learning in technology class. As the building project progressed the project's marked-out approach was refined with the application of the micro-robot teaching-support being improved (i.e. Robo-Teach).

Building-Activities in a French-Middle-School Technology Class Guy Manneux

Considered as a corps subject in French middle schools (11-15 year olds), technology has consistently encouraged building activities which take the form of pupil technical projects which require working with construction materials to obtain either concrete or virtual results.

This study describes and analyses the relation between how building workshops at school which are a part of the actual curriculum and pupils' vision of and personal experiences in these very workshops. It equally looks at what teachers view as feasible in these situations and how they structure and adapt their lessons. This article depicts these workshops while attempting to explain why these characteristics are as such. Based upon these observations new working theories to better define teaching workshops are proposed.

Go-Between Objects in Project Design in a Middle-School Technology Class Using Computer Aided Design

Alix Géronimi

Erica de Vries

Guy Prudhomme

Jacques Baillé

Technology as a subject can be used to develop a pupil's general knowledge (among other things) through the transfer of industrial design situations which require the building and application of technical knowledge. As components of the design process, mental images and ideas not directly integrated into the project – be they textual, graphic or 3-D computer models carried out using auto-CAD – can play a key role in technical thought. These very ideas and mental images can be termed go-between objects as they act as a mediator between builder and other design-process players.

This case study's goal is to examine the potential of a design situation in technology class in a French middle school for the use of technical knowledge and the role played by these "external" mental images and ideas as go-between objects. Following several pupil discussion-groups, statistics were laid for the various areas of knowledge used in the process. The authors then describe and interpret the go-between role of the various intervening "external" tools : instruction manual, diagrams, 3-D computer models.

While this study does show that middle-school pupils are capable of using an auto-CAD programme for projects, further research in the area must be carried out in order to better define the situations that might improve building instructions imposed on pupils during the design process.

Organising Building Activities and Choosing Building Materials with 6 Year Olds in Primary School

Marjolaine Chatoney

Object building activities are a part of the primary-school curriculum at every level. However, curriculum directives specify neither the types of technical object to be built nor the technical approaches to be implemented. Nor do they indicate the types of building materials or techniques that are to be used and even less the notions to be developed. Teachers are to use their own judgement and can therefore concentrate on the complexity of the object to be built as well as vary the means of transferring knowledge by changing the project's structure. These very changes are important in the eyes of didactics researchers.

This study's objective is to show that an inter-relational and inter-dependent approach to an object on the functional, structural, and technical levels increases task options that would not otherwise exist using in traditional methods.

It was carried out in a primary school with 6 and 7 year olds following a teaching sequence dedicated to studying how to build miniature windmill.

Object Building as a Means of Conceptualizing Technical Reality

Colette Andreucci

This article analyses the key moments of a sequence in a primary school technology class from both the psychological and didactic viewpoints. Situated at an important crossroads between the observation of products available in retail and evaluating pupil production with a goal to emphasize two technical principles associated with the assembly of the mechanism in question, building activities expose the vastness and diversity of the cognitive difficulties encountered by both pupils and teachers in their quest to come to the mutual understanding needed to build shared knowledge.

How does the Learner View His/Her Own Building Work Marc Weisser

A learner's interaction with his/her environment can be conveyed using language. It can equally be expressed with technical object activities as go-betweens. A water-driven rocket project was carried out with pupils aged 9 to 10 with the first series of objects being produced barring any pre-determined instructions. Given their inconclusiveness as to what elements determined the height attained by the rockets, an idea to examine the various components independently surfaced during the first post-trial discussions. The pupils were then asked to symbolically use a variables chart while designing another series of rockets. Discussion following the second tests validated the latter method and led to a choice of prototype based upon the most important elements. This study shows that the status of an object designed and tested by a class varies from one method to another and from an object-oriented to a means-oriented extreme each mutually contributing to improve the other.

How Are Boys and Girls Influenced, Be They Alone or in Pairs, By Building Activities in Technology Class ?

Jacques Ginestié

Building activities are highly linked to technology class and usually encompasses assembling a technical object out of building material or developing a service (i.e. an immaterial technical object). These projects must transcend the school environment and conform as much as possible to a real social environment. In technology class private companies are the reference point though these private institutions prove difficult to integrate into a school environment from a transformational and assembly-related standpoint. Ultimately boy-girl relations at school differ considerably from those between men and women in a professional context. Similarly relations between individuals and groups are approached differently in the two environments.

Based upon experimental research carried out in 15 classes of 13-14 year olds, this article takes a look at the effects of two principle variables (i. e. the type of work and individual or pair work) on pupil performance when carrying out two distinctly different building projects : one a more male-oriented task, the other more female-oriented.

Traduction : Wayne Iwamoto

Aster 41 , 2005

HERSTELLEN, HANDELN, VERSTEHEN

ZUSAMMENFASSUNGEN

Untersuchung über die am „Collège“ (Mittelstufe) hergestellten „Artefakte“.

Ambiguitäten eines Angebots und einer Nachfrage.

Joël Lebeaume

In Frankreich bevorzugt das von seinen Lehrplänen bestimmte Schulfach „Technologie“ die Realisierung von Gegenständen durch Projektarbeit. Aber die Durchführung des Lehrplans wird auf die lokale Ebene der „Collèges“ übertragen. Auf Grund von materiellen und menschlichen Zwängen erweisen sich dann die hergestellten „Artefakte“ in einer Spannung zwischen dem offiziellen Angebot dieses Unterrichtsfachs und der Nachfrage der Schüler, die auch die Kunden für diese Produkte sind. Die vorgelegte Untersuchung beschreibt und analysiert sowohl die im Laufe der Schulzeit am „Collège“ hergestellten „Artefakte“ als auch die Vermittlungsversuche, die die Lehrer vorzunehmen behaupten. Dann werden die Merkmale und die Funktionen dieser in der Schule hergestellten „Artefakte“ bestimmt und einige Zielsetzungen für die Lehrerausbildung werden angegeben.

Herstellung von Mikro-Robotern am „Collège“ (Mittelstufe).

Entwicklung einer pädagogischen Methode und eines computerisierten Umfelds zur Unterstützung der Aktivitäten.

Pascal Leroux

Zwei Fragen können im Rahmen der Entwicklung eines computerisierten Umfelds zur Unterstützung des menschlichen Lernens auftauchen : sollen wir die Entwicklung eines solchen Umfelds einzig und allein auf die Didaktik eines bestimmten Bereichs gründen oder sollen wir ein computerisiertes Umfeld erst entwerfen, um es dann einem bestimmten Bereich anzupassen ? Angesichts dieser Fragen ziehen wir vor, uns auf eine Logik des gegenseitigen Anreichern zwischen den Fächern einzulassen, die sich für die Lernmethoden und für die Informatik interessieren. In diesem Artikel wollen wir ein Beispiel für dieses gegenseitige Anreichern zeigen durch die Umsetzung einer gut gesteuerten Anleitung zur Herstellung eines Mikro-Roboters unter Einbeziehung eines computergestützten Umfelds zum Erlernen der Technologie. Wir zeigen, wie wir im Laufe eines Forschungsprojekts gleichzeitig eine gut gesteuerte Anleitung zur Herstellung eines Mikro-Roboters umgesetzt und die Computeranwendung „Robo-Teach“ weiterentwickelt haben, die zur Unterstützung der Aktivitäten in der pädagogischen Mikro-Robotik benutzt wird.

Typische Merkmale der Produktionstätigkeiten im Technologieunterricht am „Collège“ (Mittelstufe).

Guy Manneux

Als Fach für den allgemeinbildenden Unterricht am „Collège“ hat die Technologie in Frankreich immer Produktionstätigkeiten vorgeschlagen. Diese Tätigkeiten nehmen konkrete Formen an, indem die Schüler technische Tätigkeiten zur Verarbeitung von Urprodukten vornehmen, mit dem Ziel, greifbare oder nicht greifbare Ergebnisse zu erreichen.

Die vorgelegte Untersuchung beschreibt und analysiert die Produktionssysteme im Schulbereich (Elemente vom wirklichen Curriculum) und stützt sich zum einen auf das, was die Schüler von ihrer eigenen Tätigkeit innerhalb dieser Systeme erfassen und wovon sie reden können (erlebtes Curriculum) und zum anderen auf das, was die Lehrer als Unterrichtseinheiten entwerfen und durchführen (mögliches Curriculum). Dann werden die Merkmale der Systeme präzisiert und begründet. Im Hinblick auf diese Merkmale sollen neue Arbeitshypothesen formuliert werden, um die didaktischen Systeme feiner zu kennzeichnen.

„Zwischenprodukte“ in einer Entwicklungssituation mit CAD im Technologieunterricht am „Collège“ (Mittelstufe).

Alix Géronimi

Erica de Vries

Guy Prudhomme

Jacques Baillé

Das Unterrichtsfach „Technologie“ könnte zu der Entstehung der Allgemeinbildung der Schüler beitragen, unter anderem durch eine Übertragung der industriellen Entwurfssituationen, die die Ausarbeitung und die Mobilisierung der technischen Kenntnisse erfordern. Als feste Bestandteile der Entwicklungsprozesse spielen die externen, textlichen, grafischen oder digitalen Darstellungen (dreidimensionale, mit Hilfe von CAD/Computer Aided Design ausgearbeitete Modelle) eine entscheidende Rolle im technischen Denken. Sie werden genauer „Zwischenprodukte“ genannt, wenn es um ihre Vermittlungsrolle zwischen Entwurfsgestaltern und anderen an der Entwicklung des Entwurfs beteiligten Akteuren geht.

Das Ziel der Fallstudie ist, das Potential einer Entwurfssituation in einer Technologie-Klasse am „Collège“ für die Mobilisierung der technischen Kenntnisse zu untersuchen, sowie die Rolle zu analysieren, die die externen Darstellungen als „Zwischenobjekte“ spielen. Indem jeweils von den Dialogen innerhalb einer Gruppe von zwei Schülern ausgegangen wird, werden die verschiedenen Wissensgebiete (oder Bereiche von Kenntnissen), die im Laufe des Prozesses mobilisiert wurden, quantitativ erfasst. Dann wird die Vermittlungsrolle der verschiedenen produzierten externen Darstellungen (Leistungsverzeichnis oder Vergabebedingungen, Schema, Drei-D-Modell) qualitativ beschrieben.

Wenn diese Studie uns zu der Annahme bewegt, dass die Schüler am „Collège“ fähig sind, eine

CAD-Software für die Gestaltung eines Entwurfs zu benutzen, dann sind systematische Nachforschungen auf diesem Gebiet notwendig. Insbesondere geht es darum, die Merkmale der Situationen zu untersuchen, die geeignet sind, eine bessere Berücksichtigung der Herstellungszwänge beim Entwicklungsprozess zu ermöglichen.

Die Organisation von Produktionstätigkeiten in der Grundschule Die Auswahl von Werkstoffen mit sechsjährigen Schülern Marjolaine Chatonay

Die Aktivitäten in Verbindung mit der Produktion von Gegenständen stehen auf dem Lehrplan für jede der Stufen von der Grundschule. Die Vorschriften des Lehrplans geben aber weder die Art der zu produzierenden technischen Gegenstände genau an, noch die anzuschneidenden technischen Funktionen, noch die zu gestaltenden Werkstoffe oder die anzuwendenden Techniken und noch weniger die zu vermittelnden Kenntnisse. Sie werden dem freien Ermessen der Lehrer überlassen.

Die Lehrer können auf die Komplexität des zu entwerfenden Gegenstands einwirken und die Art und Weise, das Wissen zu verteilen, durch die Art, wie sie das Lernen organisieren, variieren lassen. Diese Variationen verdienen die Aufmerksamkeit der Didaktiker.

Das Ziel dieser Untersuchung ist zu zeigen, dass die Herangehensweise über die gegenseitigen Beziehungen, die die funktionellen, strukturellen und technischen Ebenen eines Gegenstands miteinander entwickeln, sowie über den Abhängigkeitsgrad dieser Ebenen untereinander, eine umfang- und abwechslungsreichere Organisation der Arbeit ermöglicht als die herkömmlichen Vorbereitungen.

Die Untersuchung wird auf der Stufe 2 mit Schülern der 1.Klasse (CP, sechs – bis siebenjährige Schüler) durchgeführt, nach einer abgeschlossenen Unterrichtssequenz über ein Projekt zur Herstellung einer Jahrmarktsrolle für Kinder.

Die Herstellung von Artefakten als ein didaktisches Mittel zur Erfassung der technischen Realität

Colette Andreucci

Der Artikel bezieht sich auf eine psychologische und didaktische Analyse der bedeutendsten Episoden einer Technologieunterrichtssequenz in der Grundschule. Die Aktivität der Herstellung besitzt hier eine Zentralstellung zwischen einerseits der Beobachtung von im Handel hergestellten Artefakten und andererseits der Evaluierung der Schulproduktionen im Hinblick auf die Herausstellung von zwei technischen Prinzipien für den Bau des betroffenen Mechanismus. Die Analyse trägt dazu bei, das Ausmaß und die Vielfalt der wechselseitigen kognitiven Schwierigkeiten hervorzuheben, die Lehrer und Schüler empfinden, um zu der wechselseitigen Erkenntnis zu gelangen, die für den Aufbau eines geteilten Wissens notwendig ist.

Der Status des Artefaktes in der Rede des Lernalers

Marc Weisser

Die Interaktion zwischen dem lernenden Subjekt und seiner Umgebung kann sich durch die Vermittlung sprachlicher Hilfsmittel vollziehen. Sie kann auch die Form einer Vermittlung durch die technischen Objekte annehmen. Die Aktivität des Baus von Wasserraketen wird einer Klasse von der 3. Stufe der Grundschule (also Kindern im Alter zwischen 9 und 10 Jahren) vorgeschlagen. Eine erste Serie von Artefakten, die ohne jede vorherige Abstimmung ausgearbeitet wurden, wird produziert. Sie ermöglicht nicht zu bestimmen, welche von ihren charakteristischen Merkmalen eine Relation mit der erreichten Höhe haben. Im Laufe der Diskussion taucht die Idee von einer getrennten Behandlung der Unterscheidungsmerkmale auf. Die Klasse verwendet dann ein symbolisches Instrument, die Tabelle der Variablen, um eine neue Serie von materiellen Artefakten zu entwickeln. Die Debatte, die dem zweiten Abschuss folgt, bestätigt die angewendete Methode und führt zu einem abschliessenden Urteil über die treffenden Merkmale des zu berücksichtigenden Prototyps. Diese Untersuchung zeigt, dass der Status der von der Klasse entworfenen und angewendeten Artefakte je nach Episode zwischen dem Pol „Objekt“ und dem Pol „Instrument“ schwankt und dass jeder dieser Pole abwechselnd dazu beiträgt, den anderen Pol zu vervollkommen.

Mädchen oder Jungen, allein oder zu zweit ?

Welchen Einfluss hat diese Alternative auf die Produktionsaktivitäten im Technologie-Unterricht ?

Jacques Ginestié

Die Produktions-Aktivitäten sind mit dem Unterricht der Technologie eng verbunden ; in den meisten Fällen handelt es sich um die Herstellung eines materiellen technischen Objekts oder um die Produktion einer Dienstleistung (immaterielles technisches Objekt). Über die schulischen Umstände hinaus sollen diese Tätigkeiten die soziale Organisation, in der sie durchgeführt werden, so gut wie irgend möglich widerspiegeln.

Für das Schulfach Technologie wird auf gewisse Produktionsbetriebe Bezug genommen. Diese Bezugselemente halten schwerlich dem Veränderungs- und Wiederaufbauprozess stand, der es ermöglicht, sie von der sozialen Institution, d.h. von dem Betrieb, bis in die Institution der Schule hinzuführen. So unterscheiden sich die Beziehungen zwischen Mädchen und Jungen in der Schule von den Beziehungen zwischen Männern und Frauen in beruflichen Situationen im Betrieb. Ebenso wird die Beziehung zwischen Individuum und Gemeinschaft in beiden Institutionen auf unterschiedliche Weise aufgefasst.

Anhand einer empirischen Forschung, die in fünfzehn 4^e - Klassen (8.Klasse) am „Collège“ durchgeführt wurde, untersucht dieser Artikel, welche Auswirkung jene zwei Variablen, Geschlecht und Organisation der Arbeit allein oder zu zweit, auf die Leistungen der Schüler haben, wenn sie zwei verschiedene Produktions-tätigkeiten ausführen, wobei die eine eher auf männliche Tätigkeiten verweist und die andere eher auf weibliche Tätigkeiten.

Traduction : Michel Eymaron

Aster, N° 41, 2005

PRODUCIR, ACTUAR, COMPRENDER

SUMARIOS

Encuesta sobre los objetos-productos en el colegio Ambigüedades de una oferta y de una petición

Joël Lebeaume

En Francia, la tecnología definida por sus programas, privilegia las realizaciones sobre el proyecto. Pero la puesta en marcha de la enseñanza esta delegada al nivel local de los colegios. En razón de las condiciones materiales y humanas, los objetos-productos se revelan entonces entre la oferta oficial de esta enseñanza y la petición de los alumnos, que son igualmente los clientes. La encuesta presentada, describe y analiza los objetos-productos en el curso de la escolaridad a nivel del colegio, así que las conciliaciones que los profesores declaran hacer. Son entonces precisadas las características y las funciones de esos objetos productos escolares y se indican algunas orientaciones para la formación de los docentes.

Realización de micro-robots en el colegio, puesta a punto de una gestión pedagógica y de un entorno informático, soporte de las actividades

Pascal Leroux

Dos preguntas pueden hacerse en el cuadro de la concepción del entorno informático para el aprendizaje humano (EIAH) : ¿debemos fundar la concepción de EIAH únicamente a partir de la didáctica de un dominio? o ¿debemos concebir un EIAH y luego adaptarlo a un campo en particular? Frente a estas preguntas, preferimos comprometernos con una lógica de enriquecimiento mutuo, entre las disciplinas que se interesan a los aprendizajes y la informática. Queremos mostrar un ejemplo de enriquecimiento, en este artículo, a través de la puesta en marcha de un proceso balizado en la construcción de micro-robot ; integrando la utilización de un entorno informático para el aprendizaje de la tecnología. Mostramos como al hilo de un proyecto de investigación, hemos puesto a punto paralelamente, la realización de un micro-robot y hacer evolucionar al mismo tiempo, la aplicación del Robot Teach que es el soporte de las actividades en micro-robótica pedagógica.

Características de las actividades de producción en tecnología en el colegio

Guy Manneux

En Francia, la tecnología, en tanto que disciplina de enseñanza general en el colegio, siempre a propuesto actividades de realización. Estas se concretizan por la puesta en marcha de actividades técnicas de transformación de materias de obras en vista de la obtención de resultados tangibles o no, por los alumnos.

La encuesta presentada, describe y analiza los dispositivos de producción en medio escolar

(elementos del currículo real) en apoyo relativo a lo que los alumnos perciben de su propia actividad en esos dispositivos y de los cuáles pueden hablar (currículo vivido) y sobre lo que los docentes conciben y conducen como secuencias escolares (currículo posible). Son entonces detalladas las características de los dispositivos y los motivos de su existencia. Teniendo en cuenta las mismas, nuevas hipótesis de trabajo serán formuladas, para caracterizar de una manera más fina los dispositivos didácticos.

Objetos intermediarios en una situación de concepción en tecnología con CAO (Concepción Asistida por Ordenador) en el colegio

Alix Géronimi

Erica de Vries

Guy Prudhomme

Jacques Baillé

La disciplina tecnología podría contribuir a la formación de la cultura general de los alumnos, entre otros, por una transposición de situaciones de concepción industriales que exigen la elaboración y la movilización de los conocimientos técnicos. Constituidas de procesos de concepción, las representaciones externas, textuales, graficas o numéricas (modelos en relieve realizados con la ayuda de la CAO) juegan un papel primordial en el pensamiento técnico. Son precisamente llamados objetos intermediarios cuando se trata de su papel en la mediación entre creadores y otros actores en la concepción.

El objetivo del estudio de caso, es examinar el potencial de una concepción en clase de tecnología en el colegio, por la movilización de conocimientos técnicos y el rol por las representaciones externas en tanto que objetos intermediarios. A partir de los diálogos de un par de alumnos, los diferentes dominios de conocimientos movilizados en el curso de procesos son cuantificados. Luego, el papel mediador de diferentes representaciones externas producidas (cuaderno de tareas, esquema, modelo en tres dimensiones) es descrito de manera cualitativa. Si este estudio instiga a pensar que los alumnos de colegio son capaces de utilizar un logicial de CAO para concebir, investigaciones sistemáticas en este campo son necesarias. Particularmente se trata de estudiar las características de situaciones susceptibles de mejorar la toma en cuenta de los apremios de fabricación, durante los procesos de concepción.

Organizar actividades de producción en la escuela primaria. Seleccionar materiales con los alumnos de 6 años.

Marjolaine Chatoney

Las actividades de producción de objetos figuran en los programas para cada uno de los ciclos de la escuela primaria. La prescripción no precisa ni el tipo de objetos técnicos a producir, ni las funciones técnicas a tratar, ni los materiales a poner en forma o las técnicas a poner en marcha y todavía menos las nociones a construir. Son dejadas a la apreciación de los docentes. Pueden actuar sobre la complejidad del objeto a concebir y hacer variar la manera de distribuir el conocimiento en el modo de organizar el estudio. Esas variaciones merecen la atención de los didácticos.

El objetivo de este estudio es mostrar que la aprensión por la interrelación de los niveles funcionales, estructurales y técnicos de un objeto y de su relación de dependencia permite una organización de tareas más ricas y variadas, que las preparaciones más tradicionales.

El estudio está realizado en el ciclo 2, con alumnos de CP (6-7 años) luego de una secuencia de enseñanza dedicada al estudio de un proyecto de construcción de un molinete de feria para niño.

La fabricación de artefactos como medio didáctico de conceptualización de la realidad técnica

Colette Andreucci

El artículo propone un análisis psicológico y didáctico de los más destacados episodios de una secuencia de tecnología en la enseñanza primaria. La fabricación ocupa un lugar central entre la observación de artefactos producidos en el comercio y la evaluación de las producciones en vista de la puesta en evidencia de dos principios técnicos de construcción del mecanismo implicado. El análisis contribuye a poner en evidencia la extensión y la diversidad de las dificultades cognitivas recíprocas, que el profesor y alumnos sienten para lograr la inter-comprensión necesaria en la construcción de un saber compartido.

El estatuto del artefacto en el discurso del aprendiz

Marc Weisser

La interacción entre el sujeto que aprende y su medio ambiente puede operarse por el intermediario de los útiles lingüísticos. Puede tomar la forma igualmente de una mediación por los objetos técnicos. Una actividad de construcción de cohetes de agua, es propuesta a una clase de Ciclo III (9-10 años). Una primera serie de artefactos, elaborados fuera de toda concertación es lanzada. Ella no permite de identificar cuáles son entre sus características las que tienen una relación con la altura alcanzada. En el curso de la discusión aparece la idea de un tratamiento separado de características distintivas. La clase se sirve entonces de un instrumento simbólico, el cuadro de las variables, para concebir una nueva serie de artefactos materiales. El debate que sigue al segundo tiro, valida el método empleado y concluye en cuanto a las características pertinentes del prototipo a retener.

Este estudio muestra que el estatuto de los artefactos concebidos y utilizados por la clase, oscila de un episodio al otro del polo objeto al polo instrumento, cada uno contribuyendo a su turno de rol a perfeccionar al otro.

Niñas o varones, solos o a dos.

¿Qué influencia sobre las actividades de producción en educación tecnológica?

Jacques Ginestí

Las actividades de producción son íntimamente ligadas a la enseñanza de la tecnología ; en la mayoría de los casos se trata de la realización de un objeto técnico material u de la producción de un servicio (objeto técnico inmaterial). Más allá de las contingencias escolares, esas tareas deben dar cuenta de lo mejor posible de la organización social en la cuál existen.

Para la tecnología, esta referencia se hace a las empresas. Esos elementos de referencia resisten mal al proceso de transformación y de reconstrucción que permite hacerlas pasar de esta institución social, la empresa, a la institución escolar. Así, las relaciones niñas/varones en la escuela son diferentes de las relaciones mujeres/hombres en las situaciones profesionales de la empresa. Lo mismo, la relación individual/colectivo es comprendida diferente en las dos instituciones.

Este artículo examina a través de una investigación empírica conducida en quince clases de 4 to del colegio, la incidencia de esas dos variables, el género y el trabajo solo o a dos, sobre los resultados de los alumnos cuando realizan dos tareas de producción distintas, una más bien centrada en tareas masculinas, la otra en tareas femeninas.

Traducción : Mirtha Bazan

ASTER • Bulletin d'abonnement

(2 numéros par an)

à retourner à

INRP • Service des publications • Abonnement

abonn@inrp.fr • Tél. +33 (0)4 72 76 61 66/58

19, mail de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Nom et/ou établissement / service

.....

Adresse

.....

.....

Localité Code postal

Date Signature

ASTER

recherches en didactique des sciences expérimentales

Abonnement avec port inclus	Tarif TTC en euros
2 numéros par an	jusqu'au 31/07/06
France métropolitaine (hors Corse)	28,00
Corse, DOM (hors Guyane)	27,10
Guyane, TOM	26,54
Étranger	32,00

au lieu de 17,00 euros le numéro (port en sus hors métropole)

Nombre d'abonnement(s)	Tarif	Total
	X	=

Tout bulletin d'abonnement doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur de recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant des services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : décret du 29 décembre 1962 (instruction M9.1), article 169, relatif au paiement d'abonnements à des revues et périodiques). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera le service de l'abonnement.

ASTER • Commande de numéro

à retourner à

INRP • Service des publications • Vente à distance
pubvad@inrp.fr • Tél. +33 (0)4 72 76 61 64/65
19, mail de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Nom et/ou établissement / service

Adresse

Localité Code postal

Date Signature

Tarif garanti jusqu'au 31/07/06, TVA 5,50 % **Tarif TTC en euros**

Le numéro **17,00**

Franco de port en métropole, port en sus hors métropole

Cochez le ou les numéro(s) souhaité(s) :

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> N° 40 (2005) Problème et problématisation | <input type="checkbox"/> N° 29 (1999) L'école et ses partenaires scientifiques |
| <input type="checkbox"/> N° 39 (2004) Nouveaux dispositifs, nouvelles rencontres avec les connaissances | <input type="checkbox"/> N° 28 (1999) L'expérimental dans la classe |
| <input type="checkbox"/> N° 38 (2004) Interactions langagières 2 | <input type="checkbox"/> N° 27 (1998) Thèmes, thèses, tendances |
| <input type="checkbox"/> N° 37 (2003) Interactions langagières 1 | <input type="checkbox"/> N° 25 (1997) Enseignants et élèves face aux obstacles |
| <input type="checkbox"/> N° 36 (2003) L'enseignement de l'astronomie | <input type="checkbox"/> N° 26 (1998) L'enseignement scientifique vu par les enseignants |
| <input type="checkbox"/> N° 35 (2002) Hétérogénéité et différenciation | <input type="checkbox"/> N° 24 (1997) Obstacles : travail didactique |
| <input type="checkbox"/> N° 34 (2002) Sciences, techniques et pratiques professionnelles | <input type="checkbox"/> N° 23 (1996) Enseignement de la technologie |
| <input type="checkbox"/> N° 33 (2001) Écrire pour comprendre les sciences | <input type="checkbox"/> N° 22 (1996) Images et activités scientifiques |
| <input type="checkbox"/> N° 32 (2001) Didactique et formation des enseignants | <input type="checkbox"/> N° 21 (1995) Enseignement de la géologie |
| <input type="checkbox"/> N° 31 (2000) Les sciences de 2 à 10 ans | <input type="checkbox"/> Autre(s) numéro(s) |
| <input type="checkbox"/> N° 30 (2000) Rencontres entre les disciplines | |

Toute commande doit être accompagnée d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur de recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant des services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : ministère de l'Économie, des Finances et du Budget, direction de la comptabilité publique, instruction n° 90-122-BI-MO-M9 du 7 novembre 1990, relative au paiement à la commande pour l'achat d'ouvrages par les organismes publics. Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera l'exécution de la commande.

ASTER + DIDASKALIA

Bulletin d'abonnement groupé

(2 fois 2 numéros par an)

à retourner à : INRP • Service des publications • Abonnement
abonn@inrp.fr • Tél. +33 (0)4 72 76 61 66/58
19, mail de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Nom et/ou établissement / service

.....

Adresse

.....

.....

Localité Code postal

Date Signature

ASTER + DIDASKALIA

Abonnement groupé avec port inclus	Tarif TTC en euros
2 fois 2 numéros par an	jusqu'au 31/07/06
France métropolitaine (hors Corse)	52,20
Corse, DOM (hors Guyane)	50,53
Guyane, TOM	49,48
Étranger	59,40

Nombre d'abonnement(s)	Tarif	Total
-------------------------------	--------------	--------------

x

=

Tout bulletin d'abonnement doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur de recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant des services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : décret du 29 décembre 1962 (instruction M9.1), article 169, relatif au paiement d'abonnements à des revues et périodiques). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera le service de l'abonnement.