

LA TECHNOLOGIE : UNITÉ ET DIVERSITÉ D'UN ENSEIGNEMENT

Alain Durey
Pierre Vérillon

À travers un ensemble varié de regards et d'interrogations sur les contenus, sur les pratiques et sur les représentations, ce numéro cherche à approcher la réalité de l'enseignement de la technologie aujourd'hui. La tentative paraît justifiée à plusieurs titres. D'abord parce qu'un enseignement de la technologie, institué sous cette dénomination, existe à présent depuis une dizaine d'années parmi les disciplines d'enseignement général de l'école obligatoire. Même si elle est rarement une création *ex nihilo*, l'institution d'un nouvel enseignement, sa mise en place et son développement constituent un ensemble de phénomènes suffisamment peu fréquent pour susciter l'intérêt. En outre, au terme de dix ans d'existence, il est légitime de faire un point et de jeter sur cette période un regard rétrospectif.

Mais au-delà de cette création récente, qui ne concerne d'ailleurs qu'une modalité particulière d'existence de cet enseignement dans l'espace scolaire, on est fondé de s'interroger sur l'objet même de cet enseignement. En effet, la technologie apparaît de prime abord comme un concept aux contours flous, soulevant tout un ensemble de questions liées à sa nature, à celle des savoirs qui lui sont associés, au statut des objets et situations auxquels elle se réfère.

Diversité de la technologie et de son enseignement

Le terme "technologie", en lui-même, recouvre déjà une pluralité de sens et à ce titre peut prêter à multiples interprétations. Il désigne différents types de discours à la fois sur les artefacts ou sur leur processus de genèse, tantôt dans une perspective théorique, pratique ou épistémologique. Le même terme désigne à la fois le point de vue savant qui, de l'extérieur, constitue les techniques en phénomènes à étudier en tant que tels et pour eux-mêmes, et le point de vue interne, technique, souvent scientifiquement armé, qui s'intéresse aux artefacts (objets, systèmes, organisations...) en ce qu'ils sont le siège de phénomènes qu'il s'agit d'optimiser et de valoriser.

En outre, la technologie se présente dans l'enseignement général sous différentes formes, de l'école élémentaire jusqu'au baccalauréat et, depuis cette rentrée, dans les classes préparatoires aux grandes écoles. À l'école élémentaire, l'enseignement associe au cycle 3 les sciences et la technologie.

polysémie
du terme...

... et
polymorphisme
de
l'enseignement

Au collège, la technologie se distingue des sciences expérimentales, elle est consacrée à la réalisation. Au lycée, en classe de Seconde, la technologie est présente à travers la compréhension et l'utilisation des systèmes automatisés. En classe de Première et Terminale, un enseignement de technologie peut être choisi par les élèves de la filière scientifique (S). Enfin en classes préparatoires aux grandes écoles, la technologie développe, dans un enseignement de Sciences Industrielles, l'étude des systèmes mécaniques et automatiques. Ainsi de la même manière que la physique est présente sous différentes formes et associée à d'autres disciplines selon les niveaux d'enseignement, on voit apparaître, sur la totalité de la scolarité, un ensemble d'enseignements qui intègrent la technologie.

La technologie : une discipline ?

un regard
critique...

Dans cette période, instable mais riche, de leur construction, ces enseignements émergents constituent des objets d'études d'un grand intérêt qui révèlent les interactions fortes entre disciplines et didactique. Didactique qui se manifeste sous différentes formes : didactique praticienne des enseignants et des formateurs, didactique normative des institutions et des corps d'inspection, didactique innovante et réflexive des chercheurs et des concepteurs. Dans ce numéro, nous avons voulu privilégier une perspective de didactique critique et prospective, qui soit issue d'un travail de problématisation, de recueil de données et d'interprétation, orienté par une démarche et des méthodes de recherche.

... sur un objet
d'enseignement...

Cependant, toute tentative de description et d'analyse se trouve d'emblée confrontée à la nécessité d'identifier et de délimiter son objet. L'approche didactique de la technologie supposerait que l'on sache ce qu'est la technologie et que l'on s'accorde à lui reconnaître une existence sous la forme d'une, voire de plusieurs, disciplines technologiques. Si l'on évoque l'enseignement de la biologie, chacun peut comprendre et se représenter ce qui à travers des contenus d'enseignement, des méthodes, des objets, caractérise à une époque donnée et dans un pays donné une discipline scolaire. Mais comment envisager une didactique de la technologie alors que son enseignement est encore sous les effets de réformes récentes et répétées dans l'enseignement général au collège, et qu'un enseignement commun de technologie n'est pas encore arrivé à émerger au sein des sciences et technologies industrielles (STI) dans les lycées ?

... encore
peu stabilisé

Dans ces conditions, l'objectif poursuivi a été de s'intéresser aux processus de transmission appropriation de la technologie en tant que nouvel objet de connaissances, tout en prenant acte du fait que les modalités d'existence de cet enseignement ne l'ont pas encore totalement stabilisé et institutionnalisé sous forme d'une ou de plusieurs disciplines scolaires. C'est la raison pour laquelle ce numéro d'Aster est

essentiellement centré sur la technologie au collège qui est la tentative la plus aboutie de constitution d'une discipline technologique dans l'enseignement général.

La technologie au collège

un enseignement
qui évolue

Dans le premier article, à partir de sources multiples (manuels scolaires, prescriptions officielles, revues professionnelles...), Joël Lebeaume retrace l'histoire de cette tentative qui débute dans les années 1960 avec la création simultanée du collège et de la technologie. Il propose une périodisation de cette histoire et décrit l'évolution des contenus et des objectifs assignés à cet enseignement. Notamment, il repère à travers la notion de matrice disciplinaire, comment fut réalisée aux étapes successives la cohérence entre les tâches, les objets et les savoirs enseignés. Enfin, il analyse un certain nombre de problèmes et de tensions qui jusqu'à aujourd'hui ont accompagné les transformations de la discipline.

des
représentations...

Dans l'article suivant, Frédéric Glomeron et Joël Lebeaume étudient les représentations qu'entretiennent, relativement à la technologie et à son enseignement, des étudiants en licence du secteur tertiaire. En effet, alors que ces étudiants peuvent candidater au CAPET de technologie, la majorité d'entre eux ne possède pas une formation suffisante en génies mécanique et électrique. En vue d'élaborer à leur intention une préparation adéquate au concours, il est apparu nécessaire de mieux connaître leurs représentations du domaine. L'enquête révèle que coexistent, dans leurs représentations, une image résolument moderniste de la technologie dans la société et une valorisation d'activités à dominantes manuelle et domestique, lorsque celles-ci sont considérées dans une perspective d'enseignement.

... et des rapports
aux activités
nuancés

L'article d'Alain Crindal propose une caractérisation des différentes figures de la démarche de projet telles qu'il les identifie dans l'enseignement actuel de la technologie. Dans une première partie, il relève quelques repères historiques qui marquent l'émergence de la notion de projet comme organisateur général de la pédagogie puis, progressivement, comme organisateur théorique de la discipline elle-même. Dans une seconde partie, il cherche à repérer les caractéristiques de projets évoqués par des élèves entrant en Sixième, lorsqu'ils concernent, d'une part, des objets fabriqués par eux-mêmes, et d'autre part, des objets fabriqués du marché. Dans ce dernier cas, la dimension collective et le caractère commercial des fabrications sont plus souvent pris en compte. En revanche, dans aucune des deux modalités, la dimension conception n'est clairement identifiée.

Liens avec d'autres disciplines

des problèmes
frontaliers

La description de la discipline, de son enseignement et de leurs évolutions est d'autant plus difficile en technologie que celle-ci présente des caractéristiques originales par rapport à d'autres disciplines. D'une part, les problèmes techniques étudiés mettent en jeu des savoirs relevant de divers domaines de connaissance constitués en disciplines. La question des relations avec ces disciplines est alors source de conflits et de dérives : comment, pour la technologie, rester spécifique et autonome ?

Bernard Calmettes et Richard Lefèvre se sont intéressés à l'enseignement de physique appliquée et de sciences et techniques industrielles en classe de Terminale des sections de génie électrotechnique des baccalauréats technologiques, deux disciplines qui constituent des regards qui se veulent distincts mais complémentaires sur les objets techniques. En observant des séquences d'enseignement, ils ont pu mesurer dans les deux disciplines des écarts entre le curriculum effectivement réalisé en classe et le curriculum prescrit et défini dans les programmes. Ils ont également étudié les documents techniques utilisés en classe en les comparant aux documents utilisés dans les pratiques sociales de référence. Enfin ils montrent que les élèves résistent à l'intégration de savoirs d'origines différentes et entretiennent les découpages disciplinaires.

Des disciplines en évolution rapide

s'interroger
sur les objets...

Non seulement les domaines techniques se caractérisent par la diversité, mais, en outre, chacun évolue rapidement. Les disciplines académiques et scolaires qui peuvent en résulter sont elles-mêmes rapidement évolutives. Les faits didactiques sont dans ces conditions plus difficiles à construire faute de stabilité minimale des contenus. Dans ces conditions, les questions didactiques relèvent moins de savoir comment mieux enseigner des contenus fixes et stables que de concevoir des modes d'analyse et de conception des contenus en relation à la fois avec les finalités que se donne l'école et avec les évolutions techniques extérieures à l'école. La discussion du choix de la ou des pratiques socio-techniques de référence est alors décisive, car ce choix permet de déterminer les "objets pertinents" (procédés, instruments, produits, concepts, modèles, méthodes) qui constituent les contenus à transmettre et à s'approprier. Du point de vue didactique une vigilance épistémologique est nécessaire.

Le travail de Crindal sur la démarche de projet tente, nous l'avons vu, de repérer les multiples références scolaires et extra-scolaires de ce concept "nomade" qu'est le projet. Mustapha Galhouz, à l'occasion d'un travail davantage centré sur l'enseignement professionnel, examine comment cet enseignement est directement confronté à la normalisation,

à la réglementation, à tout un ensemble de prescriptions juridico-techniques issu du champ professionnel de référence, en l'occurrence, le bâtiment-travaux publics. Ne pouvant ni contourner ni transformer ces objets, quelle est l'autonomie des disciplines scolaires techniques vis-à-vis des pratiques de référence ? L'auteur montre que la réponse se situe dans un travail d'analyse historico-social des prescriptions professionnelles à caractère normatif qui révèle ce que celles-ci condensent de savoirs techniques, sociaux, économiques, politiques, etc., issus des rapports de force entre les multiples partenaires du processus constructif en génie civil.

... et les contrats
qu'ils déterminent

Par ailleurs, cette diversité et cette instabilité disciplinaire affectent vraisemblablement les contrats qui se nouent au sein des situations didactiques. Comment rendre compte des stratégies des élèves ? Bernard Hostein montre que ces stratégies sont elles-mêmes diverses. Il a proposé à une population d'élèves de Seconde TSA (Technologie des Systèmes Automatisés) un questionnaire portant notamment sur : la raison de leur choix de la TSA, les activités et méthodes appréciées, leurs difficultés. L'analyse factorielle de correspondance jointe à des observations en classe fait apparaître l'existence de trois groupes d'élèves contrastés : des "réalisateurs" préoccupés de solutions matérielles et d'usage fonctionnel, des "concepteurs" à l'aise dans le formel et la résolution de problèmes abstraits, enfin un troisième groupe caractérisé par une attitude purement scolaire. L'auteur fait l'hypothèse que ces stratégies différenciées reflètent des lectures divergentes du contrat didactique de la TSA.

Des outils et langages de conception et de communication spécifiques

des outils
de nature
particulière ...

Enfin tous ces domaines techniques ont fait émerger des outils et langages de communication et de conception spécifiques comme le dessin technique, ou les outils informatisés de Conception Assistée par Ordinateur qui prennent une place centrale et décisive dans les processus d'apprentissage. Quels sont les modes et les difficultés d'appropriation de ces outils, comment faire apprendre ces langages et quelles sont les meilleures situations ou activités scolaires ? Comment ces activités scolaires doivent-elles être élaborées pour que les savoirs et savoir-faire spécifiques des domaines techniques soient préservés et assimilables par les élèves ?

... informatique,...

Jean-François Lévy s'intéresse aux problèmes que pose aux élèves la maîtrise de la micro-informatique lorsqu'elle est introduite comme instrument pour l'apprentissage de différentes disciplines scolaires. Il fait l'hypothèse que celle-ci provoque une "rupture technologique" précipitant l'apprenant de son univers matériel familier en un univers immatériel dans lequel ses outils cognitifs habituels ne fonctionnent plus. À partir de l'analyse de situations de for-

mation, l'auteur propose un travail visant la construction progressive d'un certain nombre de concepts clés, articulés autour de celui, central, de mémoire.

...graphique

Colette Andreucci, Jean-Pierre Froment et Pierre Vérillon présentent un cadre théorique pour analyser le fonctionnement cognitif dans les situations d'utilisation d'outils de représentation et de communication techniques. En se fondant sur des observations d'enseignement du schéma cinématique, du Grafcet et du dessin technique, ils se proposent de réfléchir, à partir de ce cadre, aux conditions qui seraient les plus favorables à l'instauration d'un rapport réellement instrumental des élèves aux graphismes enseignés.

À la recherche d'une unité

la technicité :
un élément
fédérateur

Notre intitulé suppose une certaine unité de la technologie quelles que soient les formes prises par cet enseignement aujourd'hui. Difficile à élaborer de façon définitive, il nous semble cependant qu'une didactique de la technologie devrait passer par une prise en considération des problèmes de technicité, aussi bien dans les pratiques professionnelles, que dans le montage pédagogique des activités scolaires. La prise en compte profonde des trois éléments constitutants et interdépendants de la technicité définis par Combarrous – les *figures de la pensée technicienne*, les spécificités des *engins et produits caractéristiques* des différents domaines d'activité et les *spécialisations socio-professionnelles* – permet finalement de cerner un objet commun, au-delà de la diversité, des évolutions et des modes d'expression de ces technicités dans les pratiques.

Alain DUREY
LIREST-GDSTC-ENS de Cachan
Pierre VÉRILLON
Unité "Processus cognitifs et didactiques
des enseignements technologiques",
INRP

UNE DISCIPLINE À LA RECHERCHE D'ELLE-MÊME : trente ans de technologie pour le collège

Joël Lebeaume

Instituée au début des années 1960, la technologie s'est successivement organisée sous des formes variées privilégiant des méthodes d'analyse et leurs outils, des objets techniques de plus ou moins grande complexité et des références au travail manuel ou à la production industrielle. Destinée aux élèves des collèges et à leur formation générale, sa conception favorise leur développement global ou leur première familiarité pratique et intellectuelle avec la technique. Mais la construction de cet enseignement élémentaire renouvelé presque tous les cinq ans, rencontre des questions permanentes que l'enquête historique souhaite identifier. Celle-ci fait notamment entrevoir le rôle essentiel des enseignants dans le développement de la discipline scolaire, ce qui suppose des actions responsables et cohérentes aux différents niveaux de décision la concernant.

depuis 1960
la technologie...

Distincte de son homonyme des écoles primaires supérieures et des collèges modernes de la première moitié du XX^{ème} siècle soucieuse d'être une encyclopédie des techniques (1), la technologie pour les collégiens vient de célébrer son dixième anniversaire. Toutefois, cet enseignement ne s'est pas créé *ex nihilo* en 1985, et est sans doute la plus récente configuration d'une discipline qui cherche à exister depuis ses premières ébauches en 1962. En effet, l'évolution de l'organisation de l'école, entamée à la veille des années 1960 et guidée par les lignes directrices fixées par le plan Langevin Wallon (1947), a conduit à promouvoir une éducation technologique en tant que composante de la formation générale dans l'enseignement obligatoire. Mais, pendant près de trente cinq ans, des textes de cadrage tentent, presque tous les cinq ans, d'en fixer les orientations pédagogiques et régulièrement, en parallèle de ces définitions, des commissions sont mises en place pour adapter, améliorer ou redéfinir les versions à peine mises en œuvre. C'est dire que la construction et l'organisation d'un tel enseignement sont particulièrement délicates.

L'histoire de cet enseignement né avec le collège n'est pas étrangère à la mise en place des structures du système éducatif et aux soubresauts de l'histoire scolaire, sociale et économique des trente dernières années. Pour L. Géminard (1992) *"plusieurs facteurs liés aux compétences du corps*

(1) Voir par exemple CHAPLET, A. (1934). *Précis de technologie*. Paris, Delagrave. 488 p.

... accompagne
l'organisation du
système éducatif

enseignant, aux fluctuations de l'économie, aux équipements existants" mais aussi aux *"tendances personnelles des décideurs et au rôle qu'ils assignaient à la technologie dans l'ensemble de leur politique pédagogique"* constituent autant d'hypothèses interprétatives de cette évolution. Selon W. Hörner (1987), les difficultés de la technologie en France sont essentiellement inhérentes aux solutions retenues par l'administration centrale pour résoudre des questions de gestion des personnels alors chargés de cet enseignement.

instable...

Si ces points de vue permettent d'éclairer l'instabilité des discours institutionnels dont les effets sur la légitimité de l'enseignement sont indéniables, ils privilégient l'examen de la discipline scolaire dans ses relations avec les systèmes de valeurs, voire les idéologies qui la motivent. En ce sens, les études historiques de cet enseignement ont souvent pris un point de vue sociologique pour montrer les relations entre son existence et *"l'ordre des choses"* (M. Fabre, 1980 ; M. Figeat, 1981 ; C. Archer, 1989). Mais l'histoire du travail manuel dans l'enseignement obligatoire (J. Lebeaume, 1993) indique qu'à cette dimension s'agrègent des aspects essentiellement internes de l'organisation de la discipline scolaire qui la fragilisent. Dans cette perspective, l'article présenté propose de décrire et d'analyser les formes scolaires de cet enseignement qui souhaite d'une façon constante, à la fois rendre intelligible le monde artificiel construit par l'homme et s'adresser, dans le cadre de l'enseignement général, aux élèves de moins de quinze ans. Cette création n'est pas complètement indépendante des mouvements d'idées qui accompagnent la modernisation des contenus, à l'instar des mathématiques modernes qui dès 1965 ont indirectement influencé l'approche analytique de la technique. De même, la progressive différenciation d'*"une technologie réflexive"* à partir de *"la technologie opératoire du technicien"* que note Y. Deforge (1972), n'est pas complètement disjointe de la succession des approches conceptuelles et didactiques dans l'enseignement technique repérée par J. Doulin (1995).

... elle recherche
son organisation

Cependant, des formes scolaires presque éphémères se fixent en configurations provisoires avec des intitulés distincts : *"la technologie et son expression graphique"*, *"technologie et physique"*, *"l'initiation aux sciences et aux techniques"*, *"l'éducation manuelle et technique"* et plus récemment *"la technologie collège"*. Comment sont organisés ces enseignements apparemment distincts ? Quels sont leurs principes organisateurs ? Quelles sont leurs frontières ? Quelles ruptures chacun introduit-il ? Quelles sont les questions constantes qui les traversent ? Quels sont leurs éléments de fragilité qui sont susceptibles d'expliquer l'instabilité apparente de leur définition ? Tel est le questionnement qui guide l'enquête historique menée à partir des traces que sont plus particulièrement les manuels scolaires, les prescriptions officielles et un ensemble plus diffus constitué des discours sur cet enseignement disponibles dans les revues professionnelles notamment. Bien

évidemment le matériel textuel analysé se situe dans la "noosphère", au niveau des curriculums prescrits et ne rend que partiellement compte des curriculums réels et des relations entre les prescriptions et les pratiques. Cet examen des formes scolaires s'inscrit ainsi dans la perspective de l'épistémologie des disciplines scolaires (M. Develay, 1992) et pour laquelle J.-L. Martinand (1995) identifie les caractéristiques fondamentales de la technologie en tant que discipline scolaire.

L'étude s'intéresse plus particulièrement au cycle d'orientation (13-15 ans) qui est le niveau scolaire toujours concerné au cours de cette période. Elle ne peut ignorer cependant les classes de Sixième et de Cinquième affectées également par la réforme (11-13 ans). En revanche, l'étude de cette discipline scolaire spécifique au collège, ne se réfère pas aux évolutions dans les lycées car les missions de ces établissements, malgré leur articulation avec les collèges, répondent à d'autres enjeux qui fixent une cohérence spécifique des enseignements qui y sont dévolus.

La première partie de cette étude est une tentative de périodisation représentée sur le document chronologique. Elle repère et décrit les configurations scolaires de la technologie c'est-à-dire à la fois ses formes générales et les ensembles organisés qu'elles recouvrent. La seconde partie s'intéresse plus particulièrement à l'identification des questions que son organisation et sa construction rencontrent régulièrement.

1. LES CONFIGURATIONS DE LA TECHNOLOGIE

1.1. Vers l'éducation technologique

• *Le monde des machines*

La technologie est instituée en 1962 par J. Capelle qui signe les "*directives et commentaires provisoires*" de cet enseignement. "*L'initiation technologique a pour objet de faire connaître à l'enfant le monde des machines dans lequel il vit et de tirer enseignement de la somme des savoirs et d'efforts dont ce monde est l'aboutissement.*" (2). Cette définition de la technologie ne masque pas la revendication de la dignité de la pensée technique qu'argumentent les discours de l'époque (3). En ce sens, l'étude "*des objets concrets fabriqués par l'homme*" privilégiant "*l'observation des mécanismes*" s'ac-

avec la
modernité,
la technique...

(2) Circulaire du 7 septembre 1962 : R.M./F. n° 34 du 17 septembre 1962.

(3) Voir notamment les textes parus dans *L'éducation nationale*, cf. CHARTIER, A.-M. & HÉBRARD, J. 1989, Les sciences et les techniques peuvent-elles constituer une culture ? *Discours sur la lecture 1880-1980*, 361-368.

compagne fondamentalement de travaux de schématisation, de représentation et de dessin technique car *“l’expression graphique est considérée en tant que véhicule essentiel de la pensée technique”*. Ainsi la technologie a-t-elle son langage et peut-elle compenser l’absence de latin dans les classes modernes en leur apportant la positivité telle que J. Capelle le précise.

• **Analyse technique et solutions graphiques**

... se rationalise...

L’enseignement de la technologie comprend alors deux activités distinctes : le dessin et les travaux pratiques de mécanique. Son originalité fondatrice et son principe organisateur résident dans l’analyse technique définie à l’époque pour la formation des techniciens et des ouvriers. F. Canonge présente cette analyse comme une forme du savoir rationalisé des techniciens. Avec un caractère universel cette méthode s’applique à la fois à l’étude, à l’invention d’un objet matériel et aux problèmes de fabrication. Les graphismes techniques y sont intimement associés : le schéma théorique rend compte des fonctions d’usage, le schéma technologique des conditions de fonctionnement, les dessins d’ensemble ou de définition des conditions d’utilisation ou d’organisation architecturale.

Ainsi cette méthodologie générale légitime le caractère éducatif et culturel de l’enseignement car elle porte les *“moyens de jugement et les méthodes de raisonnement”*. Par l’étude des objets et mécanismes, l’adolescent doit remonter à la connaissance des objectifs élémentaires dont les objets sont la résultante et accéder ainsi à *“l’intelligence des ensembles”* dont ils font partie.

• **Des objets simples**

... et peut être enseignée

Résolument centrée sur les objets, la technologie répertorie les objets accessibles aux élèves. Les premières propositions sont proposées dans les instructions de 1964 et sont diffusées grâce à l’Institut Pédagogique National et aux émissions de la Radio Télévision Scolaire. Les manuels qui ne paraissent qu’en 1967 proposent les études des targettes à pêne plat, pieds à coulisse, perforatrices de bureau, butées de porte, boîtes à ouvrage ou à outils, meules à main, perceuses à main, coupe-tubes... Une exposition (4) sur la technologie organisée en 1967 présente des traces plus diversifiées des activités conduites dans les collèges : étude d’une pendule démontable, réalisation d’un système bielle-manivelle en meccano et comparaison avec le moteur à explosion, observation du cric à polygones et mesures de l’effort axial selon l’angle d’inclinaison... Quelques objets sont distincts selon les publics masculin et féminin aux-

(4) Présentée à l’Institut Pédagogique National, voir DEFORGE, Y. (1967). *Images d’une exposition sur la technologie*. Paris, MEN-IPN, notice et 20 diapositives.

quels ils s'adressent, préférant par exemple pour les jeunes filles, le dénoyauteur à la poinçonneuse ou la tringle de rideau à la poulie...

- **Une discipline de réflexion expérimentale**

La redécouverte de la pensée technique à laquelle contribuent les exercices, implique des activités d'exploration, d'essai et d'expérimentation que le discours revendicatif de la scientificité de la technique qualifie de "réflexion expérimentale". Ainsi la recherche d'objets techniques permettant de perforer les feuilles de classeur conduit-elle les élèves à expérimenter des solutions : essayer de perforer la feuille à l'aide d'un clou, d'un tube, d'une pointe de ciseaux... ou bien rechercher l'architecture générale de l'objet en construisant un modèle expérimental à l'aide de cales percées, de ressorts... que les établissements Jeulin ou Pierron mettent à la disposition des enseignants.

- **L'éducation technologique**

Au cours de cette période de tâtonnement et de recherche, l'intitulé est également discuté notamment lors d'un stage du Conseil de l'Europe (1968) au cours duquel est préféré, pour l'école moyenne, l'intitulé : "éducation technologique". Cette désignation fixe le sens du nouvel enseignement au niveau européen. Il s'agit d'un enseignement obligatoire exempt de perspectives professionnelles, centré sur l'activité créatrice faisant intervenir plusieurs disciplines, servant à déceler et à développer certaines aptitudes des élèves, donnant une meilleure connaissance et compréhension de l'environnement technique, et aidant l'enfant à apprécier et à respecter l'effort humain.

... à tous
les élèves

1.2. La technologie et son expression graphique

- **Les leçons de technologie**

L'enseignement de la technologie s'organise progressivement en délimitant les tâches des élèves à partir d'un objet technique considéré en tant que centre d'intérêt. Les leçons modèles suggèrent de partir de l'objet, d'un besoin, d'un problème posé ou bien d'un dessin, induisant les études théorique, technologique et de conception. À titre d'exemple, la leçon sur la paumelle de porte, suggérée dès 1962, débute par des observations afin d'aborder les notions de mouvements, de fonction et de schéma. Puis, grâce à une observation guidée, l'analyse fonctionnelle fait découvrir les conditions d'alignement, les liaisons, les guidages. La recherche d'autres solutions possibles est ensuite un exercice de synthèse. Enfin, le dessin à l'échelle 1 sur du papier millimétré décompose l'un des éléments de la paumelle en solides géométriques élémentaires et implique des exercices de mesure et de report des cotes.

c'est un
enseignement
de raisonnement

Les instructions de 1964 (5), signées L. Géminard, fixent les principes de "*cet enseignement de raisonnement*". Elles définissent la technologie en tant que "technologique" c'est-à-dire logique des fonctions techniques.

- ***Un enseignement gradué***

Afin de soutenir l'intérêt des élèves et de préciser l'action des professeurs, une progression est établie de la classe de Quatrième à la classe de Troisième. La première année est consacrée à l'étude des objets en partant de l'étude de la translation et de la rotation jusqu'à leurs combinaisons dans les systèmes vis-écrou. La seconde année développe un point de vue plus scientifique que les sommaires des ouvrages indiquent : métrologie et mécanique d'une part et électricité d'autre part. Dans cette partie, chacun des objets est support d'une notion : lampe de poche et circuit électrique, lampe de bureau et courant du réseau, réchaud électrique et notion d'énergie calorifique, thermoplongeur et notion de puissance, lampe à incandescence et notion de tension, coupe-circuit et notion de résistance...

1.3. Technologie et physique

- ***Les fonctions techniques élémentaires et la mesure***

la technologie est obligatoire

La technologie devient obligatoire à la rentrée 1970-1971 dans toutes les classes de Quatrième et est installée au rang des disciplines fondamentales. Sans distinction entre les garçons et les filles, cette version privilégie l'étude d'objets mécaniques. L'architecture du programme des classes de Quatrième est fondée sur l'étude de quatre objets génériques : les objets utilisant des mouvements de translation (la targette), les objets construits avec une exigence de précision (le calibre à coulisse), les objets comportant des éléments dont la déformation mesurable est systématiquement recherchée pour faciliter la prise de conscience du concept de force (la butée de porte), un instrument de mesure (la balance). En Troisième, les études portent sur un objet utilisant la rotation, les objets assurant la transmission et la transformation du mouvement de rotation que complètent le dessin industriel et la cotation fonctionnelle. En outre, le programme de la classe de Troisième est composé d'une partie relative aux notions pratiques sur le courant électrique et sur les combustibles s'appuyant sur l'étude d'objets : lampe de poche, génératrice de bicyclette, interrupteurs, compteur électrique, fer à repasser, bec Bunsen, chalumeau, moteur à quatre temps...

des mécanismes, objets techniques

Comme dans la version précédente, les objets retenus n'intègrent que les fonctions élémentaires qu'il s'agit de faire

(5) Instructions du 11 août 1964 : BO n°31 du 27 août 1964.

redécouvrir. Mais le souci d'insister particulièrement sur les mesures et les problèmes de cotation façonne la technologie représentée alors par les trois mécanismes et objets que sont le pied à coulisse, le micromètre et le comparateur à cadran.

• **Les aspects physiques des phénomènes**

Si l'analyse technique demeure une activité essentielle qu'accompagnent les premières représentations du dessin industriel, le programme met en évidence les phénomènes scientifiques implicitement contrôlés dans les objets. L'inspecteur général Payan (1971) commente cette actualisation des programmes : *"Les conceptions antérieures limitaient pratiquement l'étude à l'aspect cinématique que les objets techniques mettaient en évidence. On s'imposait ainsi de façon très arbitraire une mutilation en désaccord avec la réalité - un mouvement ne peut avoir d'autre cause qu'une force - et avec la nature pluridisciplinaire de la technologie. Malgré les choix que toute étude impose pour ne pas être vulgarisation ou simple satisfaction de curiosité, nous avons souhaité réintroduire dès la classe de Quatrième les aspects physiques des phénomènes étudiés (...). Ces notions, inséparables des objets concrets dont elles sont une émanation prennent ainsi dans notre programme la place importante à laquelle elles ont droit."*

• **Un enseignement expérimental**

Les relations plus étroites entre physique et technologie légitiment l'orientation expérimentale de la technologie et le choix privilégié de la "méthode" expérimentale par rapport aux autres méthodes pédagogiques. Ce caractère est très souvent explicité : *"Nous utiliserons ce qualificatif dans le sens que lui donnent les physiciens : 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."* Toutefois la confusion entre la méthode expérimentale de la recherche selon C. Bernard et celle de l'enseignement conduit à quelques recadrages. L. Géminard (1970b) qui défend l'activité intellectuelle implicite à la réflexion technologique, précise en ce sens qu'elle ne constitue pas un but.

• **De nouveaux graphismes**

Depuis les premiers pas de la technologie, l'analyse technique s'est enrichie d'une définition des fonctions techniques et d'une théorie de leur agencement permettant de mieux rendre compte de la rationalité technique. Celles-ci sont présentées dans un ouvrage fondateur de L. Géminard *Logique et Technologie* (1970a) et sont également développées dans *Introduction à la pédagogie des enseignements techniques* de M. Postic (1971) ou la *Méthodologie de la*

et objets
scientifiques

construction mécanique de J. Chabal *et al.* (1973). Toutefois, ces outils conceptuels ne sont pas exprimés dans les programmes. Dans les manuels, les interprétations pédagogiques de cette nouvelle version de la technologie restent fondées sur l'analyse technique enrichie du nouveau vocabulaire de la théorie des ensembles. Ils invitent plus particulièrement les professeurs à dégager de l'étude de l'objet concret les aspects cinématiques et physiques et à les traduire à la fois en tableaux logiques, schémas technologiques, graphes ou relations mathématiques.

• **Les objets étudiés**

Dans les nombreux manuels publiés au tout début des années 1970, seul le guidage qu'ils assurent varie en apportant des éléments plus ou moins complets pour la classe. Généralement une première étude présente les intentions des exercices qui suivent. Ce sont le questionnement sur l'aiguille à coudre, le porte-mine de marque "Critérium", le moulin à café mécanique, le tire-bouchon ou le compas de tableau. Si ces préliminaires sont relativement variés, l'échantillon des objets méthodologiquement étudiés est en revanche plus réduit. La targette à pêne plat figure dans la quasi totalité des manuels aux côtés du calibre à coulisse et des exercices sur les incertitudes de mesure. La balance de Roberval fait aussi figure de passage obligé. L'introduction de la statique s'effectue par contre au gré de l'étude du perforateur de bureau, de l'allume-gaz à pierre, de l'arrêt de porte, du dénoyauteur, du dynamomètre notamment. Toutefois, la plupart des manuels ne présentent que les quatre objets du programme. Cette interprétation *stricto sensu* apparaît limitée et constitue indéniablement une dérive de l'enseignement que désignera quelques années plus tard l'expression critique de "targettisme". Dans la série de sept collections analysées (6), un seul ouvrage souhaite faire découvrir les mouvements et les notions scientifiques et technologiques à partir de l'étude de plusieurs objets, privilégiant la méthode inductive que la plupart des discours promeuvent. Ainsi la translation rectiligne est-elle découverte à partir de l'observation de l'agrafeuse et se réfère-t-elle au chariot de la machine à écrire, au pistolet cloueur d'agrafes, au tiroir, au cric de 2 CV, à une station de lavage automatique des voitures... Avec la même volonté de présenter la famille dont est extrait l'objet étudié, le guidage en translation évoque la machine à tricoter, la tringle à rideau, l'aérotrain...

• **L'ambiguïté d'une préparation à la physique**

À cette date, les professeurs de sciences physiques sont chargés de l'enseignement de la technologie et le discours est brouillé par les références scientifiques et techniques qui

mais une alliance
problématique

(6) Publiées aux éditions Armand Colin, Bordas, Hachette, Ligel, Magnard, Nathan-Jeulin et Pierron.

s'entremêlent. Si les textes mentionnent clairement que la technologie est une occasion de mettre en évidence certaines lois physiques, la technologie ne doit pas pour autant s'identifier à la physique comme L. Géminard l'avait précisé. Or, les enseignants éprouvent quelques difficultés pour bien cerner l'objectif de la technologie qui, enseignée au collège, ne peut que préparer le lycée. Bon nombre de témoignages parus dans le *Bulletin de l'Union des Physiciens* remarquent l'intérêt de la technologie pour l'enseignement de la physique dispensée ensuite. En effet, par mesure de précaution, une circulaire prévoit que les professeurs ne se spécialisent pas dans l'enseignement au collège mais conservent des cours en lycée. Implicitement, les finalités de la technologie sont ainsi perturbées par la timide assurance de ses buts.

Outre le fait des professeurs chargés de cet enseignement, la confusion est aussi liée à la revendication du caractère scientifique de la technologie. En effet, toutes les présentations de cet enseignement citent la définition fondatrice de J. Capelle (1962) qui affirmait notamment : *“la technologie est une science (...), le raisonnement technologique coïncide avec le raisonnement scientifique : on part de l'observation objective, on utilise la mesure et ses corrections, on avance par un système d'essais successifs, on aboutit enfin à une vue générale du phénomène analysé, parfois à une loi (...), par ses méthodes d'analyse et de synthèse, elle est donc capable d'établir des liens entre la physique et les mathématiques et d'éveiller la curiosité et les aptitudes des élèves vers l'immense domaine des sciences expérimentales.”* Mais ces relations complexes s'avèrent insuffisamment précises pour être opérationnelles.

1.4. L'initiation scientifique et technique

- ***Le sens du concret et du raisonnement par intuition***

En 1969, la création d'une commission de réforme de l'enseignement de la physique avait été demandée par un groupe de personnalités appartenant à la société française de physique, à la société chimique de France et à l'union des physiciens (7). La commission créée l'hiver 1970 et présidée par le professeur A. Lagarrigue, commence ses travaux dès le printemps 1971. Pour les collèges, elle reçoit la mission de proposer des projets d'enseignement : *“La commission s'attachera, en particulier, à mettre en évidence que la technologie ne doit pas être l'occasion d'introduire une nouvelle discipline abstraite dans le cours des études, mais au contraire de développer chez les enfants le sens du concret et du raisonnement par intuition. Il convient aussi de donner aux élèves le goût de l'expérimentation, et de satisfaire leur*

un nouvel
enseignement
à inventer...

(7) Voir liste des signataires dans *BUP*, 540, 270-271 (1971).

curiosité vis-à-vis du monde scientifique et technique qui les entoure et qu'ils découvrent à cet âge."

• **Une initiation aux sciences et aux techniques**

Lors des premières séances, la commission s'interroge sur la possibilité de rénovation de la technologie ou bien sur la nécessité de conceptions nouvelles. L. Géminard réaffirme les principes d'un enseignement ayant la double mission de favoriser l'orientation vers l'enseignement technique ainsi que de préparer à un enseignement de sciences physiques, et exigeant à la fois une démarche intellectuelle originale permettant de comprendre un objet et son fonctionnement, et une familiarisation avec les objets usuels observés d'une façon plus approfondie en classe. Concevoir cette nouvelle discipline scolaire implique de refuser l'importation de leçons d'autres sections et surtout d'autres ordres d'enseignement, c'est-à-dire de l'enseignement technique et des sciences physiques du lycée. Il est donc indispensable d'éliminer toute confusion possible en désignant la technologie d'une façon originale. À cet effet, M. Hulin (1971) propose "l'initiation aux sciences et aux techniques" inscrite dans le projet global d'un "enseignement général des sciences expérimentales et des techniques (EGSET)".

• **Des principes pédagogiques**

Très vite, la commission s'oriente vers la mise au point de modules considérés comme d'éventuels éléments d'un projet d'enseignement. Ceux-ci portent d'abord sur l'astronomie, l'électronique, la chimie, puis la photographie, les automatismes, les polymères, les techniques de fabrication mécaniques et enfin l'énergie. Ces intitulés indiquent la rupture qu'ils souhaitent introduire par rapport aux conceptions antérieures. En effet, le contenu scientifique et technique de la technologie jusqu'alors enseignée est jugé assez pauvre. Plus fondamentalement, la commission réfute le dogme pédagogique d'aller du simple au complexe et critique la conception même de l'enseignement privilégiant une vision adulte sur les activités des adolescents.

• **Des modules d'enseignement-apprentissage**

Chaque module, correspondant à un enseignement de trente heures environ, privilégie l'approche globale qui correspond à la manière d'aborder la réalité technique et scientifique dans la vie quotidienne. Un module comprend une liste d'objectifs, le matériel, un ou des exemples de progression pédagogique ainsi qu'un ensemble de documents assurant le contrôle et l'observation des élèves et permettant leur travail en autonomie. Cette technologie pour les élèves est active. Elle les conduit à réaliser, fabriquer, construire, contrôler, et à réaliser des expériences pour répondre aux questions qu'ils se posent.

... pour
les élèves...

... en découvrant
les objets
contemporains

Parmi les huit modules expérimentés pendant quatre ans avec, en phase finale une trentaine de professeurs et 1000 à 1500 élèves par an dans quinze villes de France, trois d'entre eux sont décrits avec un caractère technologique fort. Le module "électronique" porte sur un allumeur de réverbère, des montages d'amplificateurs, des montages soudés d'alarmes ou de détecteurs, d'un petit moteur, d'une lampe, d'une sonnette, d'une minuterie, d'un feu clignotant, d'un orgue électronique et d'un récepteur radio. Dans le module "automatisme", les élèves sont invités à améliorer ou à adapter le fonctionnement de maquettes en meccano, par exemple installer sur l'ascenseur une porte palière avec les nécessaires dispositifs de sécurité. Les maquettes représentent aussi des systèmes industriels dont il faut commander le cycle, tel le déplacement de pièces avec un pont roulant. Le module "techniques de fabrication mécaniques" privilégie la production d'un objet technique. Au cours de ce module, à l'aide de six petites machines-outils par classe, un groupe de seize élèves réalise un ou deux petits compresseurs en reproduisant une organisation productive réelle avec atelier, bureau, magasin... mais, à la différence de l'industrie de référence, avec une rotation des tâches.

• *Une expérience interrompue*

Au cours de l'année 1975, la commission est affectée à la fois par le décès du professeur A. Lagarrigue et les incidences du projet de réforme du système éducatif présenté par R. Haby. Il est alors demandé à la nouvelle commission présidée par le professeur Omnès, membre de la première, de proposer les objectifs et les programmes d'un enseignement de sciences physiques allant cette fois de la Sixième à la Terminale. En 1976, les travaux de la commission sont interrompus.

Les ambitions du nouveau ministre font prévaloir pour les collèges une "éducation manuelle et technique" qui souhaite aussi séparer la technologie des sciences physiques. En effet, la recherche entreprise dès 1971 répondait aux directives du ministre O. Guichard pour concevoir un enseignement scientifique et technique confié aux professeurs de physique. Or ce choix suscite quelques vives critiques de certains pionniers attachés à l'analyse technique et convaincus de ses vertus, et refusant une technologie détachée des problèmes de fabrication. Un manuel de technologie préfacé par R. Ducel, curieusement édité en 1977 c'est-à-dire à l'heure de la disparition de cet enseignement, semble montrer ce refus de dépossession des techniciens de la technologie. Toutefois, la réalisation d'un aérateur d'aquarium complétée par l'analyse technique de mécanismes assimile technologie à mécanique sans s'opposer au contenu du module Lagarrigue correspondant dont la mise au point est poursuivie au LIREST (Laboratoire Interuniversitaire de Recherche sur l'Enseignement des Sciences et des Techniques).

1.5. L'éducation manuelle et technique

• *Revaloriser le travail manuel*

La loi du 11 juillet 1975 installe la réforme Haby qui introduit de nouveaux enseignements pour la rentrée 1977 du collège unique : les sciences physiques, l'initiation économique ainsi que l'éducation manuelle et technique. Au rang des disciplines fondamentales, celle-ci se substitue à la technologie, aux travaux manuels éducatifs et à l'enseignement ménager. Son introduction s'inscrit dans la campagne de revalorisation du travail manuel que mène le secrétariat d'État aux travailleurs manuels mais dont l'existence même indique la détermination politique de ce choix éducatif.

pour le collège
unique...

Le nouvel enseignement est confié aux professeurs chargés jusqu'alors des travaux manuels éducatifs et assure une nouvelle fonction aux professeurs encadrant les classes de transition alors en voie d'extinction. Pour certains, cette introduction est un véritable renversement que l'inversion des sigles de TME à EMT peut laisser supposer. Néanmoins l'enseignement s'ancre sur la tradition du travail manuel qui d'une façon schématique peut se résumer en travaux domestiques distincts pour les garçons et les filles visant la préparation générale à la vie quotidienne, éventuellement à un métier. Soutenu par la pédagogie de l'école nouvelle depuis le début du siècle, il est éducatif grâce aux activités concrètes et aux méthodes actives qu'il suppose, et aux valeurs d'ordre, d'économie et de travail bien fait qu'il transmet.

• *Une version de base et une version pré-professionnelle*

Pour le ministre Haby, la modernisation du système éducatif exige *"qu'au-delà d'une formation de base, le complément de scolarité obligatoire (avant 16 ans) doit pouvoir être recherché, par ceux qui le souhaitent, dans une formation à forte pondération technologique et à finalité pré-professionnelle"*. Ainsi le nouvel enseignement se présente dans une version de base, obligatoire pour tous les collégiens, et dans une version optionnelle en Quatrième et Troisième. Les trois options initialement instituées, *"techniques de travail en atelier"*, *"techniques du bâtiment"* et *"techniques des métiers de service en collectivités et techniques de fabrications réalisées au moyen de matériaux en nappes"* sont réorganisées en 1980 en deux options *"l'option technologique industrielle"* et *"l'option technologie économique"*.

... l'artisanat
et les travaux
domestiques...

• *L'intelligence de l'action*

Les programmes applicables à la rentrée 1979 pour les Quatrièmes et à celle de 1980 pour les classes de Troisième font référence aux objectifs généraux de l'EMT présentés dans les textes antérieurs pour les classes de Sixième et Cinquième. Les intentions sont de trois ordres : initier à la

une autre
référence pour
apprendre...

technologie et notamment à la démarche de la technologie ; mettre en jeu l'intelligence de l'action et réaliser manuellement ; faire connaître les métiers manuels. L'approche de réalisation y est fortement dominante. *"Cet enseignement doit en définitive continuer à développer l'habileté manuelle, l'acquisition de connaissances techniques et scientifiques, la prise de conscience des nécessaires démarches : concret-abstract-concret, l'aptitude à préciser des objectifs et à organiser les phases successives de travail permettant de les atteindre."*

Pour l'inspectrice générale Auger (1977), l'éducation manuelle et technique de base est une véritable méthodologie de l'action. Avec un glissement de sens, cette "intelligence de l'action" définie comme une capacité à saisir globalement les données matérielles sur lesquelles l'opérateur doit agir afin d'obtenir le résultat, s'oppose surtout aux activités de verbalisation. Mettant en exergue "l'ingéniosité indéniable" des praticiens, elle privilégie la diversité des expériences pratiques pour que cette capacité s'exerce. Mais elle ne se distingue pas vraiment des perspectives de *l'intelligence pratique* (A. Rey, 1947), des *méthodes psychogestuelles* (P. Camusat, 1967) ou celle des *problèmes concrets* (C. Behm, 1977).

• **Quatre domaines pour le cycle d'orientation**

À la date de leur mise en œuvre, les programmes de Quatrième-Troisième sont réécrits pour leur application respective en 1981 et 1982. Aux problèmes concrets, aux montages-remontages et petites fabrications et aux visites, succèdent alors des travaux portant sur "*l'habitation et le cadre de vie*" et "*le travail des matériaux en nappe*" pour les classes de Quatrième ainsi que "*l'hygiène de vie et l'alimentation*" et "*mécanique et étude des mécanismes*" pour les Troisièmes.

Les fiches documentaires publiées par le CNDP de 1977 à 1983 précisent le curriculum prescrit en apportant aux professeurs les éléments d'information sur les domaines d'activité. Parfois sortes de bréviaires pour le maître, les manuels sont généralement des ouvrages décrivant des objets et composés essentiellement de documents techniques à destination des élèves. La collection dirigée par A. Joly (1980), chargé de mission, fournit un ensemble d'ouvrages couvrant la totalité de l'éducation manuelle et technique.

... à faire et
à réaliser...

Pour le domaine des matériaux souples, les propositions convertissent les anciens travaux de coupe-couture aux exigences de la production sérielle. Les patronages remplacent les patrons, les dessins techniques se substituent aux tracés géométriques, les assemblages optimisent les coutures, la machine à coudre détrône l'aiguille et le dé. Les réalisations portent sur les objets d'usage courant tels que

gilet matelassé, gant de cuisine, trousse, sac à pain... que suggère aussi l'entreprise Singer.

Les problèmes d'alimentation et de nutrition demeurent centrés sur la préparation de repas équilibrés, sur la chimie alimentaire, sur l'information du consommateur et sur l'acquisition de gestes professionnels pour abaisser une pâte, écaler un œuf ou parer un légume. Initiée dès les petites classes, l'optimisation de ces productions est préparée par des organigrammes qui estiment les durées relatives des opérations, examinent leurs conditions d'antériorité mais fixent rarement les contrôles nécessaires.

Pour les problèmes de construction, les manuels informent sur les distinctions entre plans de masse et élévation, sur l'éclairage de la maison et les normes de sécurité, et suggèrent quelques activités à conduire dans les cellules des ateliers complémentaires alors disponibles dans les établissements. Remplacement de vitre, pose de papier peint, de lavabo ou d'éléments de plomberie, réalisation de circuits électriques sont les activités les plus courantes. Ce domaine amène aussi quelques fabrications améliorant le confort comme des luminaires, porte-manteaux ou boîtes à courrier. La réalisation d'une maquette d'un escalier hélicoïdal ou le moulage de dalles extérieures en béton sont en revanche de rares suggestions.

Les publications les plus nombreuses traitent le domaine "mécanique et mécanismes" et proposent, à la différence des publications antérieures, des objets à réaliser et des objets à étudier. Mais il s'agit souvent d'une réplique de l'analyse technique structurée auparavant, complétée par la réalisation des objets. Ainsi est-il suggéré d'étudier la butée de porte puis de la réaliser, d'observer un pèse-lettres et de construire un pèse-denrées, de démonter un perforateur et de le fabriquer à l'aide d'outils manuels... Les études sont proches des premiers essais de la technologie et appellent les représentations graphiques qui leur étaient associées dans l'analyse des serrure, électrovanne, autocuiseur, rabot, machine à meuler, timbre de bicyclette, micromètre, balance de Roberval, horloge, moteur de Vélosolox, robinet économiseur, porte-foret manuel.

Au fil des ans, les supports s'enrichissent avec des réalisations en matière plastique, tel qu'un spot orientable en PVC ou des constructions introduisant des solutions électroniques, par exemple gradateur de lumière, bijou lumineux, détecteur de température, testeur de piles ou circuit clignotant. Ces innovations sont présentées notamment par F. Harsany, ancien collaborateur de la commission Lagarrigue qui suggère en 1984 l'introduction d'un module d'initiation à l'électronique en classe de Troisième, ainsi que l'étude d'un automatisme séquentiel à l'aide du matériel Fisher Technik.

... et percevoir
l'unité du
raisonnement
technologique

1.6. La technologie collège

• Culture technique et projet technique

le monde a
changé,
l'enseignement
doit changer

Au début des années 1980, la légitimité de la culture technique et la poussée de l'informatique révèlent l'obsolescence des contenus enseignés par rapport aux pratiques socio-techniques en pleine mutation. Il faut "*ouvrir l'enseignement général à la culture technique et au monde*" signale par exemple un rapport du ministère de l'industrie (8). Le rapport "*Pour un collège démocratique*" établi par L. Legrand (1983) mentionne aussi cette exigence de l'époque. Par ailleurs, un ensemble de mesures introduit un nouveau discours dans le système éducatif qui tisse des relations de partenariat avec les entreprises.

Dans ce contexte, le ministre A. Savary qui adhère aux suggestions de L. Legrand de promouvoir "*la pédagogie de projet*" et "*d'introduire dès la Sixième pour tous les élèves, un enseignement de 3 heures permettant au collège de prendre en compte le fait technologique*", institue la COPRET (9). Présidée par L. Géminard, cette commission propose alors les fondements d'un nouveau curriculum dont les grandes lignes seront retenues par le ministre J.-P. Chevènement. La technologie s'installe au collège alors que l'éducation manuelle et technique disparaît. Elle s'organise progressivement grâce à une politique d'équipement sans égal et à la constitution de son corps professoral. Elle vise d'une part la compréhension et l'appropriation des démarches de conception, étude, réalisation, essai et utilisation de produits techniques et d'autre part la compréhension des liens entre la technique et la culture d'une société.

• Des innovations majeures

pour faire saisir
la nouvelle réalité
économique
et industrielle...

La cohérence de la technologie de 1985 qui privilégie l'approche de réalisation, est fixée par le projet technique dont la signification est contrôlée par la référence aux pratiques sociotechniques. J.-L. Martinand, fortement impliqué dans l'éducation technologique depuis la mise au point du module Lagarrigue "*techniques de fabrication mécaniques*", réaffirme constamment la nécessité de construire la technologie en coordonnant les aspects liés à la familiarisation pratique avec les artefacts de la technique et l'élaboration conceptuelle structurée par le point de vue technologique appliqué sur les objets.

La technologie porte des innovations majeures que représentent les nouveaux équipements. L'automatisation du tra-

(8) Voir GIRAIN, N. *et al.* (1981). *Éducation, formation et innovation. Rapport n°3*. Mission à l'innovation, Ministère de l'industrie, secrétariat d'État à la Recherche. pp. 10-11.

(9) Commission Permanente de Réflexion sur l'Enseignement de la Technologie (COPRET), Rapport intégralement reproduit dans CIEP (1992). *Technologie. Textes de référence*. 131 p.

vail y est particulièrement marquée avec les robots ou interfaces, micro-ordinateurs, machines à commande numérique. Mais, l'introduction de l'économie et gestion s'avère plus fondamentale en contextualisant les objets étudiés et fabriqués aux contraintes de commercialisation et de demande du marché.

• **Des propositions variées**

Mais une nouvelle fois, la technologie est à inventer. Au fil de son organisation, des activités assez diversifiées sont proposées. Elles peuvent être regroupées en trois classes majeures selon la visée qu'elles privilégient : l'entreprise, les produits et le processus. La première catégorie regroupe les activités fondées sur les simulations des pratiques de l'entreprise. Dès 1985, le premier ouvrage (G. Bonnet *et al.*, 1985) suggère ainsi des activités amenant les élèves à "*découvrir de façon progressive l'entreprise et le milieu du travail (...) à utiliser les outils de l'entreprise au travers d'exercices de difficulté variable...*". Les activités de la seconde catégorie s'intéressent à la découverte des produits et à l'exploration de leur cycle de vie commerciale (10). Elles privilégient l'illustration de la démarche technologique pour faire découvrir aux élèves, à travers les réalisations, les passages obligés des études commerciales, des travaux de définition, de spécification... En partie descriptives, ces activités technologiques font connaître les produits de leur conception à leur élimination, et constater, justifier ou interpréter les solutions ou les compromis qu'ils représentent. La troisième catégorie d'activités est centrée sur le processus de genèse et d'existence des produits techniques. Les projets techniques sont alors des prétextes à l'apprentissage des outils d'optimisation pour penser le juste nécessaire c'est-à-dire la mise en œuvre du minimum de moyens afin de rendre les services au niveau exact de qualité requis. Cette approche méthodologique que recouvre la "*démarche du projet industriel*" (M. Cazenaud *et al.* 1990) enseigne les principes et les méthodes nées de la compétitivité industrielle.

• **Un nouveau vocabulaire et de nouveaux graphismes**

À chaque moment de la structuration de la nouvelle technologie, les activités de réalisation sont associées à des représentations graphiques. Si les étapes de la démarche technologique ont été scrupuleusement normalisées au cours de ses premiers balbutiements, elles sont, au début des années 1990, concurrencées par de nouvelles représentations qu'offre l'analyse de la valeur (11). Ainsi, les "bêtes à

... et découvrir
les entreprises et
les produits

(10) Voir notamment les publications du réseau CNDP.

(11) Remarque : dans l'ensemble des manuels antérieurs, l'analyse de la valeur n'est présentée qu'une seule fois à la dernière page de l'ouvrage BOUTAUD, M. ; LARGEAU, Ch. ; VAYSSE, P. (1970?). *Technologie et mécanique-physique*. Voiron, Chemain (tome 1 classe de 4e).

cornes", les diagrammes "pieuvre" ou "araignée boxeuse", les "fast", "Gantt" ou "Ishikawa" sont-ils apparus comme les savoirs de la technologie, privilégiant les étapes initiales du processus de conception et masquant très souvent les schématisations ou représentations utiles à la définition des objets, à leur étude technologique et à leur étude de fabrication. L'analyse de la valeur amène aussi un nouveau vocabulaire qui se juxtapose au lexique traditionnel de l'analyse fonctionnelle.

• **Des réalisations**

grâce à
des projets
techniques

Les catalogues des fournisseurs offrent un panorama assez complet des pratiques mises en œuvre. À titre d'exemple, "Technologie service" commercialise à la fois toutes les petites réalisations électroniques que sont porte-clés lumineux, pendulette, alarme de tiroir, émetteur FM ou simple porte-courrier ou pince à document en PVC plié ; tous les travaux de simulation de systèmes automatisés qu'offrent désormais de nombreux éditeurs spécialisés dans le matériel de laboratoire ou les jeux éducatifs (Jeulin, Légo Dacta, Logedic...). Mais bon nombre de réalisations sont aussi des travaux de bureautique qui initient les élèves aux applications informatiques.

Après cette description des formes cristallisées de la technologie, il convient de préciser les points essentiels de l'organisation de cet enseignement spécifiquement destiné aux élèves des collèges.

2. LES PROBLÈMES DE L'ORGANISATION DE LA TECHNOLOGIE

2.1. L'organisation du corps professoral

L'histoire des formes scolaires de la technologie révèle l'importance de la question du personnel chargé de son enseignement. Indéniablement, la technologie a été utile pour la gestion quantitative du personnel enseignant, en permettant tantôt le réemploi de nombreux professeurs spécialisés dans les sections devenues caduques avec l'évolution du système éducatif ou en autorisant les ajustements nécessaires entre les besoins d'enseignants et les personnels disponibles.

• **Les solutions selon les moyens**

Ainsi au début des années 1960, la technologie est enseignée par les professeurs des établissements d'enseignement technique libérés des premiers cycles. En 1970, alors qu'il existe une relative pléthore de licenciés de sciences physiques, l'enseignement obligatoire de technologie est attribué aux professeurs de physique. En 1977, l'éducation manuelle et technique permet la réaffectation des enseignants rompus

d'abord
une nécessaire
formation
des personnels
d'origine très
diversifiée

à la pédagogie spéciale des classes de la voie III. À chacun de ces temps forts, sont mis en place des stages de formation initiale et continue pour préparer à cet enseignement sans cesse renouvelé. La technologie de 1985 implique elle aussi une reconversion des professeurs, mais pour la première fois d'une durée d'un an, dont l'importance signale la rupture introduite et le succès escompté.

Lié à l'évolution des modes de recrutement et des missions des établissements scolaires, le corps professoral se caractérise par son hétérogénéité. Un premier groupe est constitué par les professeurs des disciplines scientifiques. Accompagnant l'institutionnalisation du collège d'enseignement général, ces professeurs de statut PEGC sont d'abord bivalents en "mathématiques et technologie" ou "sciences naturelles et technologie" et remplacent les professeurs scientifiques chargés auparavant des mathématiques et des sciences. À la fin des années 1960, les professeurs sont titulaires du CAPCEG "physique et technologie".

pour assurer
l'enseignement

Le second groupe est celui des professeurs de travaux manuels éducatifs. Selon une étude syndicale de 1977, sur 2608 enseignants, les trois-quarts sont des femmes et près des deux-tiers sont titulaires. Pour la plupart, ils sont certifiés issus du centre national de formation, chargés d'enseignement ou bien professeurs techniques adjoints (12). À cette date, c'est-à-dire à la veille de la mise en œuvre de l'EMT, l'étude signale par ailleurs un déficit de plus de 5000 postes pour assurer l'enseignement. Les centres de formation des PEGC XIII bivalents, EMT et options technologiques, forment alors des titulaires de DUT ou de BTS industriels et tertiaires. Parallèlement le recrutement des professeurs certifiés s'oriente avec maints tâtonnements, vers la création d'un CAPET spécifique en remplacement du CAPES de TME. L'analyse de l'évolution des catégories de professeurs de 1970 à 1985 montre ainsi des inversions de tendances significatives à partir de l'année 1976-77 : les professeurs certifiés représentent environ 10% au lieu de 35% alors que l'effectif des PEGC XIII évolue de 40 à 75% entre 1977 et 1985 et que la part des maîtres auxiliaires diminue régulièrement de 60% en 1970 à 5% en 1985 ; le corps enseignant s'équilibre par ailleurs entre les hommes et les femmes.

Les différences de grades et de qualifications ainsi que les distinctions professionnelles, infèrent directement sur les conceptions de la technologie à enseigner en raison des multiples nuances dans les rapports à la discipline, aux contenus prescrits et à leurs références, à la culture technique, aux enfants et à la relation pédagogique, à la communauté éducative et au rôle de l'enseignant. Mais réciproquement, les hésitations de la technologie ne sont

(12) Étude réalisée par le SGEN-CFDT à partir des statistiques officielles (août 1977), publiée dans le *Bulletin de l'Association des Professeurs d'Activités Manuelles Éducatives*, 1978, 25, 22-23.

sans doute pas indépendantes du jeu des acteurs qu'elles induisent et des positions contrastées des groupes, voire des corporations, distincts mais constitutifs de ce corps professoral.

• **Les tensions**

mais avec
des résistances
et des conflits

L'installation de la technologie suscite aussi des tensions entre les ordres d'enseignement ainsi que des clivages entre les disciplines que représentent les inspections générales. Ses différentes versions dépendent certainement de positions contrastées, voire de pressions ou de rivalités. En ce sens, A. Campa souligne *"que la technologie mérite d'être enseignée par des professeurs spécialistes et non par des professeurs de physique et chimie hâtivement initiés au vocabulaire technique"*. De même, les traces des travaux de la commission Lagarrigue font état d'échanges, certes courts, mais vifs, comme le courrier du 11 octobre 1971 du doyen A. Alauzen au professeur A. Lagarrigue : *"Il est de fait que les inspecteurs généraux des techniques industrielles ont toujours regretté de n'être plus associés à l'animation de l'enseignement de la technologie dans les classes de premier cycle et ont été surpris de constater qu'aucun d'entre nous ne faisait partie es-qualité de votre commission d'études qui accueillait par contre la quasi-totalité de nos collègues physiciens."* Dans le même sens, le compte rendu de la réunion du 24 mai 1974, mentionne un échange de lettres entre A. Lagarrigue et R. Ducel critiquant la conception intégrée de la technologie à l'ensemble physique-chimie. En 1978, un responsable de formation, G. Fontenis, qui suppose le mauvais départ de l'EMT, regrette les variations de l'état-major, entre *"l'inspection principale et générale de l'enseignement technique et du mince aréopage dirigeant des travaux manuels éducatifs"*.

L'étude de la mise en place de la technologie dans la première moitié des années 1980 révélerait aussi les diverses tensions liées à son rattachement à l'enseignement technique. Mais sans nul doute, cette période récente est celle de l'identification d'un corps professoral spécialisé.

• **La création du CAPET**

puis l'existence
des professeurs
certifiés de
technologie

En 1987, la première session du CAPET section Technologie est un événement important dans l'organisation de la discipline. Pour la première fois, la technologie se définit par un corps d'enseignants recrutés généralement après une formation initiale technique. Cette section du CAPET succède à une première tentative effectuée en 1980-1981 avec la section B5 (EMT et enseignement technologique) recrutant des spécialistes d'électronique ou de mécanique titulaires de licences préparées à l'université. Ces enseignants, très minoritaires, ne représentent en 1983 que 0,1% des professeurs.

mais des
hésitations
permanentes

Le nouveau CAPET et les aménagements de son cycle préparatoire répondent mieux aux besoins urgents et importants de professeurs de technologie. Trois options du concours sont ouvertes : l'option construction mécanique, construction électrique et gestion. Toutefois, la structure de ce concours est marquée par les spécificités de l'enseignement auquel il conduit mais aussi par les différences héritées de ses disciplines parentes qui ont le niveau d'excellence fixé par les agrégations. L'absence ou la rareté des formations universitaires privilégiant l'approche spécifique de la technologie explique cette différence de statut qui n'est pas sans conséquence sur les candidatures à ce professorat, dans la logique de l'offre et de la demande qui les dicte.

Le rapide coup d'œil sur les enseignants met en évidence des questions importantes relatives simultanément aux orientations fondamentales de la technologie et à ses frontières. Mais ce ne sont pas de simples questions de "propriétaires". Entre la technique et la physique, entre l'industrie et le commerce, entre l'atelier et l'entreprise, entre les objets et les services, oscille cette éducation technologique que tout le monde considère comme fondamentale pour la future nation et essentielle pour les jeunes. Les hésitations mais aussi les contradictions apparaissent en filigrane de l'examen précédent qu'il s'agit de poursuivre au plan de l'organisation interne de la discipline scolaire.

2.2. Les limites d'un enseignement général

• Une ambition et des intentions

Pour les classes de collèves concernées par la technologie dont le nombre est passé de 10% en 1962, 50% en 1970 et à leur totalité aujourd'hui, cet enseignement a toujours affiché sa finalité culturelle. La phrase du texte de 1963 est constamment réaffirmée "*ce n'est pas de formation professionnelle qu'il s'agit mais bien de culture*" (13). Toutefois, la constante formulation de cette ambition semble indiquer l'ambiguïté de cette référence culturelle qui justifie alors les différents contenus qu'elle admet.

la technologie
n'est pas un
enseignement
professionnel

Pour clarifier ses orientations, la technologie adjoint alors des intentions variables précisant ses missions. L. Géminard (1992) recense sept thèmes qui se combinent selon les époques : habileté manuelle et développement intellectuel, attitude scientifique, créativité, compréhension de l'environnement technique, orientation, étude scientifique de la technique et compréhension de l'interaction entre science et technique. Leurs divers arrangements expliquent en partie la variation observée des formes scolaires.

Du point de vue des prescripteurs, pour que la technologie soit un enseignement général, elle doit placer les connais-

(13) Instructions du 1er juillet 1963 : BO n°28 du 11 juillet 1963.

sances à l'arrière plan des attitudes et de la réflexion. Dès 1963, est précisé aux professeurs *"qu'il ne saurait être question de rechercher une acquisition systématique, encore moins une accumulation de connaissances, de nature à encombrer son intelligence et sa mémoire de nomenclatures, ou de procédés de fabrication"*. Toutes les versions suivantes rappellent ce refus d'un enseignement systématique. Mais cette exigence que se fixe la technologie dans l'enseignement général correspond à la négation de l'existence de ces savoirs systématiques et semble alors induire de multiples discours fondés sur un ou plusieurs des buts énoncés précédemment.

L'ambiguïté de la technologie repose aussi sur ses deux styles qui figurent d'une façon plus ou moins masquée dans les collèges depuis leur création. Pour les élèves et pour les autres, l'enseignement est de base ou d'option ; il y a la technologie du cycle d'orientation et la technologie des classes technologiques comme il y avait le latin des Quatrièmes classiques, la technologie des Quatrièmes modernes et le travail manuel des classes de préapprentissage. Cette juxtaposition plus ou moins différenciée, parfois confuse dans les manuels qui ciblent les deux publics, et souvent assurée par les mêmes enseignants limite la clarté de l'ambition de la technologie imaginée pour l'enseignement général.

• **Des intitulés doubles**

L'incertitude de cet enseignement général figure aussi dans ses intitulés qui juxtaposent jusqu'en 1985 toujours deux mots. Sa cohésion semble devoir être assurée par l'articulation de deux rubriques d'activités, les unes désignant des pratiques, les autres leur raison. L'expression graphique donne ainsi à l'observation ou au démontage des mécanismes leur intelligence ; un peu plus tard, la physique et les mathématiques modernes la formalisent davantage. Toutefois, ce "dit sur le construit" est problématique car il risque de devenir enseignement des disciplines de référence, géométrie, mathématiques ou physique, comme en témoignent les recommandations visant à ne pas confondre mesure et cotation, incertitudes et tolérances, ou dessin géométrique et dessin technique. Cette ambiguïté indique plus fondamentalement la difficulté épistémologique de la technologie pour structurer son "λόγος" sur la "τέχνη". Le modèle applicationniste des relations entre science et technique ou entre dire et faire induit une dépendance de la technologie aux modélisations mathématiques ou physiques pourtant nécessaires et utiles. Mais les moyens supplantent les buts.

L'initiation aux sciences et aux techniques résout différemment ce problème en concevant un enseignement intégré. Celui-ci souhaite masquer les disciplines de référence en construisant des activités qui rendent compte des interactions entre science et technique dans les problèmes rencon-

... mais son rôle
est parfois
ambigu...

... et sa cohésion
délicate

très par les élèves. Mais l'équilibre est instable et l'essai demeure une tentative.

La cohésion de l'éducation manuelle et technique, elle aussi composée de deux mots, est plus complexe car elle associe aux ambitions du mot "éducation" deux adjectifs qui à la fois se recouvrent dans leur sens instrumental et s'opposent dans les références qu'ils évoquent.

L'affirmation du seul mot "technologie" en 1985 qui reprend l'unité qu'inspirait la définition de l'éducation technologique en 1968, est en ce sens une avancée fondamentale. Affirmant la nature technique de la technologie, elle permet d'accréditer la nécessaire complicité de la familiarisation pratique et de l'élaboration conceptuelle telle que le suggèrent L. Géminard puis J.-L. Martinand qui proposent un cadre théorique autonomisant cet enseignement. Les questions des relations avec les autres disciplines peuvent alors être posées autrement, notamment dans leur interaction possible.

2.3. Les questions cruciales de la construction de la discipline scolaire

• Sa nature et ses frontières

son statut
fragile...

L'examen de l'évolution du corps professoral montre clairement la fragilité du statut de cet enseignement servant d'autres enjeux. La tentation est alors grande de façonner la discipline pour la rendre comparable à celles que personne ne mettrait en cause. En son temps, le travail manuel a été ainsi étayé par la géométrie. Mais il est devenu géométrie.

Apparemment satisfaisants à court terme, les soutiens extérieurs comportent des risques importants d'absorption et de dénaturation. L'histoire de la genèse de la technologie porte les traces de ces dangereuses orientations, comme celle de 1963 qui *"dépouille les travaux pratiques de préoccupations qui pourraient apparaître comme la recherche d'une formation technique prématurée"*. Les exigences de l'installation de la nouvelle discipline expliquent ce souhait de conformité. Mais la technologie se métamorphose alors au grand regret d'Y. Deforge (1970) : *"placée sous l'aile tutélaire des mathématiques et de la physique, la technologie ne se rapproche plus du réel que pour mieux s'élancer vers des hauteurs où les élèves moyens auront peine à la suivre"*. Fondamentalement la construction d'une discipline scolaire ne peut nier sa nature originelle.

À cet effet, les nombreux textes de cadrage au cours des années 1960, précisent ce qu'est la technologie et ce qu'elle n'est pas. En 1964, L. Géminard précise *"qu'il ne faut pas confondre physique et technologie (... et que) la physique comme telle sera abordée plus tard"* (14). Deux ans après, les

(14) Instructions du 1er juillet 1963 : BO n°28 du 11 juillet 1963 .

... rend difficile
l'affirmation
de son originalité
et de sa nature

nouvelles instructions mentionnent cette fois "qu'il ne faut pas confondre l'enseignement de la technologie avec les travaux manuels éducatifs ou avec les travaux scientifiques expérimentaux" (15). Nécessairement l'introduction de la technologie parmi les autres disciplines scolaires exige de préciser son originalité par rapport à celles qui lui ressemblent. Plus que par ses finalités et ses objectifs, la discipline est décrite par les activités ou les travaux des élèves dont la cohérence d'ensemble est fixée par un principe directeur.

• **Sa matrice : ses objets, ses savoirs
et ses tâches scolaires**

Au cours des trente dernières années, les tâches des élèves, les savoirs enseignés et les supports utilisés, ont eu la signification que leur a donnée le principe organisateur, ou la matrice disciplinaire de chacune des versions de la technologie. Ce sont : l'analyse technique et ses représentations dès 1962, la logique de l'agencement des fonctions et l'analyse des phénomènes en 1970, l'intelligence de l'action et la démarche technologique en 1977, le projet technique en 1985 complété par l'analyse de la valeur en 1990.

mais elle
se construit
progressivement...

Toutefois, le processus dynamique de genèse, d'évolution et de transformation de cette discipline scolaire ne peut se représenter, excepté d'une façon schématique, par une succession de plusieurs disciplines distinctes et indépendantes. En effet, l'étude des propositions pédagogiques tend à montrer que la technologie s'édifie par une succession de strates. Ainsi, l'examen de l'éducation manuelle et technique fait réapparaître la première forme de la technologie, comme celui de la version la plus récente dévoile certaines propositions des couches antérieures, par exemple la production de pâtisseries, tolérée par l'"axe libre" des programmes, ou des activités de commande d'automatismes inventées dix ans plus tôt. L'accumulation visible qui accompagne la progressive construction de la discipline s'effectue selon deux axes. Le premier est celui des savoirs intégrés aux points de vue portés sur les objets techniques, assurant d'abord une lecture morphologique, architecturale et fonctionnelle, puis phénoménologique, ensuite sociale et économique et enfin anthropologique. Le second axe est celui des domaines techniques abordés dans l'enseignement qui se diversifient au fil du temps. L'initiale quasi exclusivité de la mécanique s'étend tantôt aux domaines de l'électronique, des automatismes, ou aux domaines de la construction, de l'habillement, de l'alimentation et plus récemment de la gestion et de l'économie d'entreprise. Dans cette expansion, la mécanique reste l'élément central et se présente toujours comme la charpente de toute éducation technologique. En ce sens, les principes de l'analyse fonctionnelle guident l'invention des activités pour les élèves.

(15) Instructions du 11 août 1964 : BO n°31 du 27 août 1964 .

... avec
les ruptures
qu'impose
l'évolution de
la technique

Toutefois la technologie de 1985 bouscule quelque peu cet édifice par sa proposition d'intégration des préoccupations économiques. Désormais radicalement associées à la version de 1985, elles apparaissent comme un élément déterminant à chaque phase du processus de genèse des objets. Par conséquent, les outils d'analyse enseignés jusqu'alors ne sont plus suffisants pour rendre compte de la rationalité technique ou pour apprendre à penser la technique. En somme, l'analyse de la valeur concurrence l'analyse fonctionnelle. Ainsi l'évolution des formes scolaires semble-t-elle révéler une rupture importante dans les activités d'analyse en passant de la structure et de l'organisation essentielle internes de l'objet technique, aux relations externes que le produit entretient avec l'environnement social et culturel qui en justifie l'existence.

L'analyse technique puis l'analyse de la valeur structurent ainsi les activités des élèves guidées par l'intention éducative de contribuer à l'acquisition de méthodes et d'outils spécifiques au raisonnement technologique. Toutefois, au cours de l'histoire de cet enseignement cette intention est jumelée avec le souci de développer une méthodologie générale de l'action au cours des activités de réalisation. Mais la fabrication apparaît comme l'une des questions les plus vives.

• **La question de la fabrication**

les activités de
réalisation...

Les activités de fabrication apparaissent au fil du temps les plus fragiles en raison des ruptures qu'elles semblent engendrer. Pendant la phase d'institutionnalisation de l'éducation technologique, elles sont largement écartées en raison de la volonté affirmée de distinguer le nouvel enseignement "*d'une discipline d'atelier*". Si quelques réalisations étaient envisageables avec des "*travaux manuels appropriés*" (1964), elles sont quelque peu rejetées car "*il faut (...) s'interdire toutes les questions relatives aux fabrications*" (1964) et "*ce ne sera jamais cependant avec l'intention de produire*" (1966) (16). Mais la dérive à laquelle conduit cette technologie qui ne provoque qu'une rencontre avec la modélisation du réel est très vite critiquée.

Les modules Lagarrigue n'excluent pas cette approche de réalisation et l'EMT renverse catégoriquement sa place qui est réaffirmée dans la technologie de 1985. Toutefois les arguments sont fondamentalement différents et font jouer à ces activités des rôles distincts que l'histoire du travail manuel avait permis déjà de mettre en évidence. Considérée à la fin du XIXème comme un excellent "*préservatif contre le surmenage scolaire*" ou comme un moyen "*pour rendre à l'intelligence son élasticité*", elle a été un peu plus tard admise en tant qu'instrument pédagogique des méthodes actives ou

(16) Cf. note précédente et Instructions du 1er juin 1966 : BO n° 23 du 9 juin 1966.

bien comme l'accessoire utile "apportant aux sciences le concret qui leur faisait défaut", et enfin le support des opérations concrètes "prémises de l'intelligence". En trente ans, la technologie fait réapparaître ces qualités qui révèlent surtout les idées communes qui les promeuvent.

... supportent
de multiples
discours...

L'âge des collégiens apparaît comme l'un des éléments essentiels de justification des réalisations dans la perspective de leur développement psychologique ou dans l'intention de mobilisation de leur intérêt, motivation ou adhésion et de leur implication dans les projets qui leur sont destinés. À cet égard, pour L. Géminard (1977) "*Le but de la fabrication n'est pas l'objet lui-même, mais ce que la fabrication de l'objet aura eu comme effet sur les divers grands aspects du développement de l'enfant. (...) Le développement global étant recherché par l'action, par l'acte et non la parole.*" A. Joly (1994), l'un des acteurs essentiels de l'éducation manuelle et technique ne cesse lui aussi de revendiquer l'interaction entre l'enfant et la matière dans la formule : "*ce que John fait au bois est moins important que ce que le bois fait à John*".

Toutefois ces arguments ne rendent pas compte de la spécificité de l'éducation technologique et de ses contenus. En effet, au-delà des questions pédagogiques, la question didactique est celle de l'existence éventuelle de technologie sans approche de réalisation, sans confrontation au réel, sans validation des méthodologies de l'action par l'action sur le réel et sans investissement du raisonnement technologique dans des problèmes techniques à résoudre. J. Chabal précisait cette question de la relation authentique au réel : "*il y a entre le système bielle et manivelle en meccano et le système bielle et manivelle du moteur toute l'épaisseur de la technologie*" (17).

... en raison de
leur délicate
transposition

Mais, la technologie ne doit-elle être pour autant qu'approche de fabrication ? Les conditions matérielles des établissements, les exigences financières et les contraintes temporelles permettent-elles de couvrir l'ensemble des contenus prescrits qui fournissent aux élèves les outils pour penser la technique, pour comprendre leur environnement technique et pour agir ? En effet l'éducation technologique suppose aussi, comme le précise J.-L. Martinand, le point de vue de l'usage différent de celui de la production et le point de vue de l'investigation différent de celui de la réalisation. Telles sont les questions du débat ouvert au cours de ces trente dernières années sur l'usage des matériels modulaires, sur l'emploi des machines pédagogiques, sur la mise en scène de simulations de production ou de commercialisation. Ces questions rendent compte de l'équilibre délicat entre la logique d'authenticité et la logique de compatibilité qui préside au processus de transposition des pratiques socio-techniques.

(17) Cité par Deforge, cf. note 4.

• **Les activités et leur contrôle**

Fondamentalement, la structure de la technologie est celle des activités des élèves qui prennent référence sur les pratiques sociotechniques réelles. Si leur contenu peut être contrôlé notamment grâce à ces références, leur organisation en un ensemble cohérent exige un contrôle de leur diversité. Celle-ci dépend d'une part de la façon dont est rendu général l'enseignement et d'autre part de la façon dont il est planifié.

la cohérence de
la discipline...

Pour n'être qu'enseignement général, la technologie structure le rapport entre l'unité et la diversité des pratiques techniques. Celui-ci est proposé selon deux modalités déjà remarquées dans la construction des enseignements élémentaires à la fin du XIX^{ème} siècle (J. Lebeaume, 1994). L'une consiste à développer un domaine générique permettant une généralisation, l'autre à proposer des activités relevant de domaines diversifiés et offrant un panorama de l'ensemble des pratiques techniques. La première technologie s'organise exclusivement à partir de la mécanique alors que la plupart des autres formes de la technologie préfèrent diversifier les domaines d'activités. Mais le choix de ces champs d'étude conduit à des organisations différentes car, à horaire pratiquement constant (18), des choix d'activités s'imposent afin de les équilibrer et limiter les développements exagérés de certaines d'entre elles. Indéniablement, la perforatrice de 1960, celle de 1970, celle de 1980 et celle proposée encore aujourd'hui ne peuvent donner lieu aux mêmes activités d'analyse et de représentation lorsqu'elle est seulement étudiée expérimentalement et graphiquement ou lorsqu'elle est fabriquée à l'unité ou en petite série. L'ambition des objectifs d'apprentissage doit alors être adaptée en précisant leurs seuils d'acceptabilité entre des niveaux de spécialité ou de généralité.

Organiser l'enseignement implique aussi de le planifier. Il convient en effet d'en prévoir les étapes successives. La gradation des apprentissages du simple au composé est en filigrane de la majeure partie des conceptions pédagogiques. En ce sens la technologie des années 1960 est organisée selon une progression construite des objets n'intégrant qu'un seul mouvement à des objets les combinant. Cette gradation est limitée à sa plus faible expression dans les programmes de 1970 qui ne retiennent que quatre objets représentant les quatre familles des mécanismes. Cette méthode élémentaire repose sur une conception synthétique

(18) Remarque : en 1962 l'horaire est fixé pour les établissements avec technologie à 4h en 4^{ème} (2h de dessin et 2h de TP) et à 4h1/2 en 3^{ème} (2h dessin et 2h 1/2 TP). Les filles suivent en 4^{ème}, 2h de dessin et 2h de TP d'économie domestique et en 3^{ème}, 2h de dessin, 1h1/2 de technologie et 2h de TP d'économie domestique. En 1970, la technologie est obligatoire à raison de 2h en 4^{ème} et en 3^{ème}. En 1977, l'horaire d'EMT est de 1h 1/2 au cycle d'orientation. En 1985, l'horaire de technologie est porté à 2h.

... implique
une organisation
interne...

des connaissances à partir d'éléments simples de base. Elle figure également dans chacun des domaines de l'éducation manuelle et technique qui n'échappent pas à ce souci de construire des progressions sur les gestes élémentaires ou les représentations de base telles que graphes, organigrammes et dessins. Dans la récente technologie, il est également usuel de n'utiliser que des LED et des résistors dans les premiers projets, puis des composants plus intégrés. Mais cette approche élémentaire suppose d'une part, que les élèves perçoivent la signification des premiers éléments enseignés et d'autre part, qu'ils sont suffisamment patients pour attendre le mérite de l'investissement heureux dans des situations de plus grande envergure et de plus grand intérêt.

À l'encontre de cette méthode syllabique, l'initiation scientifique et technique a souhaité privilégier une méthode globale d'approche des objets dans leur réalité. Ainsi le module des techniques de fabrication mécaniques ne commence pas par des apprentissages systématiques d'opérations de tournage, pas plus que le module automatismes ne débute par l'examen d'objets élémentaires voire des organes essentiels. Les promoteurs de ce curriculum avaient au contraire souhaité privilégier la mise en avant de problèmes dont la résolution impliquait des études systématiques et en justifiait le détour. Cette démarche rend indéniablement les tâches proposées aux élèves plus impliquantes car portant implicitement le sens que toute situation d'apprentissage requiert. L'orientation projet de la technologie collège rencontre aussi ce dilemme et la succession de projets s'avère bien souvent une réplication systématique d'un modèle général de la démarche de projet.

• **Les tâches et leur articulation**

... des tâches
significatives...

En technologie, les élèves sont conduits à effectuer des tâches différentes, fabriquer, concevoir, étudier, représenter, manipuler, observer... Certaines sont écrites, d'autres pratiques. En raison des contraintes pédagogiques, ces tâches se concurrencent souvent. Il semble donc nécessaire de définir *a priori* leurs relations. Or, excepté les modules Lagarrigue qui anticipent complètement les situations d'enseignement, les programmes de l'éducation manuelle et technique ou de la technologie laissent l'initiative de l'intégration des tâches au niveau local des décisions pédagogiques. De même, les manuels et l'ensemble des propositions pédagogiques indiquent des définitions plus ou moins cadrées des actions de l'enseignant laissées parfois à sa seule appréciation personnelle voire à l'économie de son temps.

Souhaiter éviter ces écueils conduit à considérer que l'organisation de l'enseignement doit être fermée en fournissant aux professeurs les tâches des élèves qu'ils doivent mettre en scène comme le furent les fichiers de la technologie et

son expression graphique, ou bien ouverte laissant aux enseignants l'initiative des choix. Mais cette seconde orientation exige une formation professionnelle qui ne peut se satisfaire de la seule maîtrise des contenus et doit envisager l'acquisition d'outils de contrôle à la fois didactiques et pédagogiques.

- **La faisabilité**

La succession des textes organisant l'enseignement indique aussi des cadrages plus ou moins précis de son organisation matérielle. Si les premiers textes prévoyaient des groupes pour les activités de manipulations, progressivement ils taisent cet aspect. Seules les recommandations actuelles sur l'équipement des locaux font l'hypothèse de l'accueil de groupes de 18 élèves. Mais les enquêtes conduites par l'association des enseignants indiquent la difficulté de leur application.

... et un
engagement

Les textes sont également particulièrement discrets sur les aspects financiers inhérents aux activités de réalisation. Seule l'éducation manuelle et technique bénéficie d'une dotation élève. La technologie souffre aujourd'hui de l'absence de réponse à cette question qui renvoie généralement aux parents d'élèves la prise en charge financière des exercices, avec les distinctions que chaque situation locale induit. Ainsi les conditions de faisabilité interviennent-elles fondamentalement dans l'organisation de la technologie.

3. DES DÉCISIONS RESPONSABLES

- **Une histoire d'hommes et de femmes**

L'histoire de la technologie est indéniablement l'histoire des hommes et des femmes qui l'ont enseignée et l'histoire des personnalités qui l'ont promue, définie, organisée et façonnée pour la rendre viable dans le contexte scolaire longtemps hostile aux réalités. Aux plans institutionnel et conceptuel, l'inspecteur général Géminard en est un des pivots essentiels : rédacteur des instructions de 1964, auteur de la théorie de la logique des agencements en 1970, membre de la commission Lagarrigue en 1971, éditorialiste de la première fiche documentaire d'éducation manuelle et technique en 1977 et président de la COPRET en 1983. Il faut saluer aussi Y. Deforge associé dès le début à la mise en place de la technologie et dont les études comparées effectuées au Conseil de l'Europe et l'originalité du point de vue ont enrichi pendant près de trente ans la réflexion sur la construction de cet enseignement. Mais l'affirmation de la technologie revient aussi à J.-L. Martinand qui, à partir du milieu des années 1970, a impulsé son cadrage dans l'enseignement obligatoire, de l'école élémentaire au collège.

• **Une production sociale**

La reconstitution de l'histoire de la technologie montre l'une des caractéristiques essentielles des disciplines scolaires : leur vie et leur mort. Sans approfondir cette interprétation anthropomorphique, il faut souligner que la technologie scolaire est essentiellement une production sociale. En filigrane des changements repérés, différents rôles apparaissent à chacun des niveaux de décisions la concernant et au cours des différentes étapes de son installation et de sa réalisation. Dans cette perspective, les curriculums prescrits ne sont que des actes d'installation soumis au verdict des mœurs scolaires, de l'accueil de la communauté éducative et de l'appropriation par les enseignants. À chaque étape, des discours fixent la structure edificatrice de l'enseignement et légitiment l'innovation apportée au regard des enjeux de la politique éducative. Succède alors une phase de création et d'invention pédagogique au cours de laquelle de nombreuses activités sont proposées en s'inspirant le plus souvent des modèles antérieurs ou des expériences extérieures au collège. Puis l'enseignement, plus mature, se banalise et se normalise. Les nouvelles suggestions diminuent en nombre et les activités se stabilisent. C'est le temps de l'économie des pratiques dans lequel l'offre des éditeurs remplace souvent les prescriptions officielles. Bientôt les activités ne s'argumentent que par rapport à elles-mêmes oubliant leur raison fondatrice et leur signification essentielle. En 1970, Y. Deforge fait état de l'usure rapide des discours initiaux : *"Au fil du temps, la technologie a perdu beaucoup de ces vertus immanentes qu'on lui prêtait naïvement à ses débuts..."* De même, les références à la COPRET s'atténuent au fil des ans comme le signale par exemple le rapport du jury du CAPET interne en 1992. Seuls, les changements de prescriptions semblent permettre de dynamiser l'enseignement car ils imposent d'interroger les propositions pédagogiques et de redécouvrir les fondements de la discipline, sa nature et son sens. Mais la réussite de la technologie est liée à la cohérence de l'ensemble des décisions qui la gouvernent.

un ensemble
d'actions
responsables...

• **Des décisions cohérentes**

L'installation définitive de la technologie qui ne peut plus supporter les contradictions institutionnelles dont elle a été l'objet en raison des missions et des enjeux qu'elle représente, suppose des attitudes responsables de tous les acteurs concernés. Si l'on admet qu'une discipline scolaire s'organise en particulier au niveau local de son existence, la formation des enseignants est un élément essentiel pour leur permettre de contrôler la cohérence de son développement, ses évolutions nécessaires et ses adaptations au temps, et limiter ses dérives dans le système fermé où elle prend forme. D'autant que l'orientation de l'organisation

scolaire se décentralise comme le révèle l'existence des projets d'établissement ou l'autonomie du choix des équipements, et devient interactive comme le montre par exemple la mise en place des consultations sur les programmes.

• ***Une discipline de raisonnement et d'action***

pour une
conciliation
à construire

Au cours de cette histoire, la technologie contribue à la construction du "système éducatif" en participant à la disparition progressive des clivages entre les ordres d'enseignement. Son évolution est notamment marquée par la diminution des impératifs d'orientation des élèves. Toutefois, il est important de remarquer une évolution des propos se référant à l'indifférenciation des élèves dans leur genre ou dans leur intégration à l'école. Les discours d'aujourd'hui ne citent plus ces "anorexiques scolaires" ou "ces rebelles aux raisonnements" pour qui la technologie pouvait être à ses débuts un salut. Moins soumise à ces contraintes extérieures, la technologie peut se construire plus facilement pour être réellement un enseignement de formation générale.

Au cours de cette période, les hésitations et les égarements constatés proviennent de la tension entre une technologie scientifique et une technologie industrielle, entre les activités d'analyse et celles de réalisation. L'opposition la plus nette entre cette double facette immanente à l'activité technique est apparue dans la rupture qu'a été l'éducation manuelle et technique. Mais pensée en termes d'opposition la technologie ne peut se développer. Pour les jardins d'enfants, Fröbel distinguait les dons et les occupations, les exercices avec du matériel modulaire et les réalisations avec de vrais matériaux, définissant en réalité deux disciplines scolaires juxtaposées : la géométrie concrète et le travail manuel. Or depuis 1985 et à la différence des versions antérieures, la technologie souhaite affirmer son unité, en se fondant sur les interactions entre le raisonnement et l'action, entre la pensée et la réalisation techniques. La réussite de sa construction et de son organisation scolaires suppose alors, dans les situations authentiquement techniques proposées aux élèves, de préciser les relations entre les tâches d'exploration et celles de réalisation, les savoirs dans leur diversité et les artefacts techniques. Ces interactions, omniprésentes dans les projets, constituent vraisemblablement la matrice de la discipline. Mais la valeur culturelle de la technologie implique de ne pas se focaliser exclusivement sur le processus permettant le passage de l'idée à la réalité car la technicité des supports pédagogiques compatibles avec le collègue ne permet que de rendre partiellement compte de la complexité réelle du processus. Les activités de présentation, qui illustrent le retour réalité-idée, donnent alors aux projets techniques scolaires le relief nécessaire. Cette double interaction, l'une entre idée et réalité, l'autre entre raisonne-

ment et action, constitue selon nous le problème principal rencontré au cours des trente dernières années et qui reste aujourd'hui posé pour la suite de cette histoire de la technologie.

Joël LEBEAUME
LIREST-GDSTC ENS de Cachan
Université d'Orléans
IUFM Orléans-Tours

RÉFÉRENCES ET SOURCES CITÉES

- ARCHER, C. (1989). *Les activités manuelles et technologiques au collège de 1882 à 1986, recherche d'une identité*. Thèse de doctorat du 3ème cycle sous la direction de B. Duborgel, Université Lumière Lyon II.
- AUGER, Mlle. (1977). "Conclusion des propositions ministérielles". *Dossiers documentaires*. Paris, CNDP, 1, 11-14.
- BEHM, C. (dir.) (1977). *Problèmes concrets, Éducation manuelle et technique*. Paris, Bordas (2 volumes).
- BONNET, G. ; COTENTIN, P. ; DUPART, B. ; SELIER, S. (1985). *À la découverte de la technologie*. Paris, Foucher.
- CAMUSAT, P. (1967). *La formation psychogestuelle*. Paris, Gamma.
- CANONGE, F. (1964?). *Pédagogie des enseignements techniques et formation de l'esprit*. Paris, Foucher, 16-31.
- CAPELLE, J. (1962). "L'option moderne s'enrichit". *L'Éducation Nationale*. 34, 5-8.
- CAZENAUD, M. ; FAVIER, J. ; RAK, I. ; TEIXIDO, Ch. (1990, 1992). *La démarche de projet industriel - technologie et pédagogie*. Paris, Foucher (préface de R. Duclé).
- CHABAL, J. ; DE PREESTER, R. ; SCLAFER, J. ; DUCÉL, R. (1973). *Méthodologie de la construction mécanique*. Paris, Foucher (préface de A. Campa).
- CONSEIL DE L'EUROPE (1969). *Rapport sur "l'enseignement de la technologie dans le premier cycle de l'enseignement secondaire" stage 11-17 octobre 1968 Sèvres*. 40 p. multigraphié.
- DEFORGE, Y. (1970). *L'éducation technologique*. Paris, Casterman.
- DEFORGE, Y. (1972). "La technologie en Europe". *Cahiers pédagogiques*. 104, 15-22.
- DEFORGE, Y. (1993). *De l'éducation technologique à la culture technique*. Paris, ESF.

DEVELAY, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement*. Paris, ESF.

DOULIN, J. (1995). "Les graphismes techniques, un demi-siècle d'évolution". *Cibles*. Nantes, IUFM, 31, 33-37.

FABRE, M. (1980). "Des dangers de placer les travaux manuels scolaires dans le sillage de l'enseignement technique". *APAME*, 35, 20-21.

FIGEAT, M. (1981). *Travaux manuels éducatifs, technologie, éducation manuelle et technique et Orientation. Analyse du contexte socio-historique*. Paris, INRP, 110 p.

FONTENIS, G. (1978). "L'éducation manuelle et technique a-t-elle pris un mauvais départ ?". *L'éducation*. 359, 11-13.

GÉMINARD, L. (1967). *Pédagogie et technologie*. Paris, MEN-IPN, 10 p.

GÉMINARD, L. (1970a). *Logique et Technologie*. Paris, Dunod.

GÉMINARD, L. (1970b). "Préface" in Guillard, G. *Technologie 4e*. Paris, Dunod.

GÉMINARD, L. (1976). "Comment concevoir l'éducation manuelle et technique au collège". Conférence au stage de Montlignon du 27 septembre 1976. In *Dossiers documentaires*. Paris, CNDP, 1, 3-10.

GÉMINARD, L. (1992). "Préface". *Textes de références, Technologie*. Paris, CIEP.

HARSANY, F. (dir.) (1984, 1986). *Bulletin de liaison des professeurs de technologie*. Strasbourg, CRDP, 9,10,11.

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

HULIN, M. (1971). *Remarques préliminaires relatives à l'enseignement dit de "technologie"*. Document tapuscrit daté 14 oct. 1971, 10 p.

HULIN, M. (1992). *Le mirage et la nécessité. Pour une redéfinition de la formation scientifique de base*. Paris, Presses de l'ENS et du Palais de la Découverte.

JOLY, A. (dir.) (1980). *Éducation manuelle et technique - habitation et cadre de vie, habillement*. Paris, Delachaux Niestlé Spes ; (1982). *Mécanique et Mécanismes*. Paris, Éducalivre ; (1983). *Alimentation*. Paris, Éducalivre.

JOLY, A. (1994). *Enseigner la technologie à l'enfant au collège*. Caen, CRDP, 150 p.

LEBEAUME, J. (1993). *Cent ans de travail manuel pour l'école élémentaire - Aspects didactiques*. Thèse de l'université Paris Sud, centre d'Orsay, 995 p.

LEBEAUME, J. (1994). "Approches élémentaires de la technique à l'école : les leçons du passé". In A. Giordan, J.-L. Martinand et D. Raichvarg (Éds), *Actes des XVIèmes Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industrielles*. Paris, Université Paris Sud, (pp 123-130).

LEBEAUME, J. (1995). *École, technique et travail manuel*. Nice, Z'Éditions.

LEBEAUME, J. (1996). *Propositions pour la technologie 1960-1995, sources et bibliographie*. Paris, LIREST, tapuscrit.

LEBOUTET, L. (1973). *L'enseignement de la physique*. Paris, PUF (coll. sup).

LEGRAND, L. (1983). *Pour un collège démocratique*. Paris, La documentation française.

MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Paris/Berne, Peter Lang.

MARTINAND, J.-L. (1995). "Eléments d'épistémologie appliquée pour une discipline nouvelle : la technologie". in M. Develay (dir.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines*. Paris, ESF, 339-352.

MEZIL, J.-C. & MONNET, F. (1977). *Technologie en classe de 4e*. Paris, Foucher (préface de R. Ducel).

PAYAN, A. (1971). *L'enseignement de la technologie en France*. Strasbourg, Conseil de l'Europe, 28 p. multigraphié.

POSTIC, M. (1971). *Introduction à la pédagogie des enseignements techniques*. Paris, Foucher (préface de A. Campa).

REY, A. (1947). *Étude des insuffisances psychologiques*. Neuchâtel/Paris : Delachaux & Niestlé, tome 1. 258 p.

Cahiers pédagogiques (1972). La technologie, n° 104.

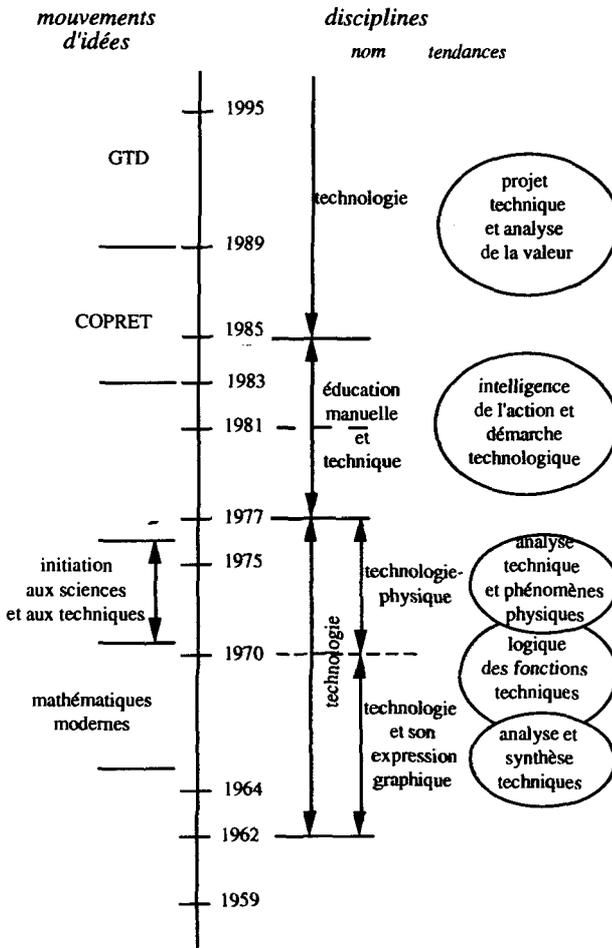
Cahiers pédagogiques (1985). Technologie, n° 233.

Fiches documentaires. Paris, CNDP, 16 numéros de juin 1977 à décembre 1983.

"Rapport d'activité du groupe de travail de la commission d'étude de l'enseignement de la physique, de la chimie, de la technologie, 1971-1972", in *BUP*. 544, 881-908 (1972).

ANNEXE

TRENTE ANS DE TECHNOLOGIE EN FRANCE



1959 : loi Berthoin prolongeant la scolarité obligatoire jusqu'à 16 ans

1962 : introduction de la technologie par J. Capelle

1964 : instructions L. Géminard

1970 : la technologie, enseignement obligatoire en 4^{ème}

1971 : mise en place de la commission Lagarrigue

1975 : réforme R. Haby

1976 : interruption des travaux de la commission Lagarrigue

1977 : entrée en vigueur de l'éducation manuelle et technique (EMT)

1981 : programmes d'EMT applicables en classes de 4^{ème}

1983 : mise en place de la COPRET

(Commission Permanente de Réflexion sur l'Enseignement de la Technologie)

1985 : introduction de la technologie

1989 : loi d'orientation

1993 : création d'un Groupe Technique Disciplinaire Technologie (GTD)

1995 : révision des programmes

ÉTUDE DES REPRÉSENTATIONS DE LA TECHNOLOGIE ET DE SON ENSEIGNEMENT CHEZ LES ÉTUDIANTS DE LICENCE DU SECTEUR TERTIAIRE

Frédéric Glomeron
Joël Lebeaume

Cet article présente les résultats d'une enquête exploratoire destinée à identifier les représentations de la technologie et de son enseignement au collège, qu'ont des étudiants en licence du secteur tertiaire. L'investigation permet d'analyser dans leur discours, les points de cohérence, les contradictions, les écarts entre la technologie dans la société et la technologie comme discipline scolaire. Les résultats de cette enquête sont susceptibles d'indiquer quelques orientations pour l'élaboration des curricula de formation.

une discipline
jeune en cours
de construction...

trois options
pour le CAPET

une référence
aux domaines
tertiaires et
industriels

Institutionnalisée depuis dix ans, la technologie est une discipline jeune en cours de construction et d'installation au collège. Son corps professoral, particulièrement hétérogène en raison de son histoire, ne s'est spécifiquement organisé qu'avec la création de la section Technologie du CAPET en 1986. En raison notamment des enseignements et des certifications universitaires, le recrutement au niveau licence explique l'existence de trois options de ce concours : construction mécanique, construction électrique et gestion. La diversité des formations initiales apparaît de plus à l'intérieur de chacune des options ; l'option gestion, par exemple, offre des débouchés aux licences de Sciences Économiques, d'Administration Économique et Sociale ou à des diplômes admis en équivalence.

L'organisation des épreuves d'admissibilité du CAPET fait cependant référence aux domaines tertiaires et industriels intimement associés dans la définition de la technologie. Ainsi pour les trois options, le concours propose-t-il une épreuve commune d'étude d'un système technique dans ses dimensions économiques et industrielles (1). À cet effet, la préparation au concours implique des enseignements dans des domaines nouveaux pour les étudiants. Si, généralement les licences "technologie mécanique" ou "ingénierie électrique" initient les questions d'analyse de la valeur ou de gestion de production, en revanche les domaines mécaniques ou électroniques ne sont pas aperçus dans les cursus universitaires tertiaires. Les épreuves d'admission font également référence aux matériels et équipements des col-

(1) Arrêté du 30 avril 1991, BO n° spécial 6, 11 juillet 1991.

lèges dans les trois domaines d'activités et l'épreuve sur dossier se présente comme un temps de synthèse dictée par le développement cohérent d'un projet technique. Les différences de formation universitaire conduisent à construire des parcours de formation différenciés afin de permettre l'acquisition des compétences disciplinaires et professionnelles permettant aux futurs enseignants de réussir et de poursuivre dans la voie qu'ils ont choisie (Lebeaume J., 1994).

une formation qui doit s'appuyer sur les connaissances qu'ont les étudiants

Du point de vue des formateurs, cette différenciation apparaît plus problématique pour l'option gestion. Indéniablement elle ne peut se construire *de facto* sans s'appuyer sur les connaissances qu'ont les étudiants de la technologie et de son enseignement. D'autant que la formation est vécue de manière très inégale chez les étudiants de formation tertiaire, dont les motivations en début de formation se fondent quelquefois sur des impressions ou des informations souvent distantes de la réalité de la discipline et de son enseignement. Or, comme le mentionne B. Gagné (1994), il ne faut pas négliger l'impact des représentations des futurs enseignants sur leur enseignement : "... les représentations qu'entretiennent les enseignants exercent une influence importante sur les pratiques pédagogiques qu'ils mettent en œuvre dans-la classe...". Mieux connaître ces représentations est alors un moyen permettant d'identifier les éléments en relief susceptibles de fixer les orientations de la formation, de guider l'action des formateurs ou de leur fournir des éléments de réponse aux problèmes rencontrés. En ce sens les résultats d'une enquête exploratoire (Glomeron F., 1995) réalisée au cours de l'année 1995 révèlent quelques tendances.

1. ÉLÉMENTS DE PROBLÉMATIQUE

Quelle idée ont ou se font les étudiants des cursus tertiaires, de la technologie et de son enseignement ?

trois questions apparaissent

En filigrane de cette question, trois autres apparaissent avec force.

technologie : une polysémie partagée

- La première est celle des différents sens du mot technologie, dont la polysémie a maintes fois été mentionnée : Beaune J.-C., 1980 ; Moles A., 1994 ; Sérès J.-P., 1994 ; Salomon J.-J., 1992 : "*Au delà même du savoir théorique qui a pu la produire, toute technologie renvoie, en fait, aux finalités, donc aux structures sociales (mentalités et croyances, besoins et institutions économiques, politiques, culturels, etc.) qu'elle a précisément pour fonction de servir. On peut dire - ce que je ne crois pas - que les dispositifs et les systèmes contemporains remplissent exactement les mêmes fonctions que celles qu'ont remplies les techniques depuis les débuts de l'humanité. Mais comment ne pas constater que les systèmes*

complexes d'aujourd'hui se fondent sur une réalité à la fois scientifique, technique et économique, qui n'a plus grand chose à voir avec la « technique » d'autrefois.

des sens
divergents
mais aussi
complémentaires

Ces différents sens sont parfois divergents, mais aussi complémentaires pour rendre compte des différents points de vue (scientifiques, techniques, économiques, sociaux, humains, éthiques, politiques...). Cette polysémie induit des incertitudes sur le sens du mot définissant une discipline scolaire (Deforge Y., 1995).

une
caractérisation
de la discipline
scolaire

• À cet égard, la deuxième question est celle des caractéristiques de la technologie en tant que discipline. J.-L. Martinand (1995) propose ainsi de la caractériser selon ses spécificités. La comparaison internationale indique également des nuances distinctes.

Pour Amigues *et al.* (1994), dans le cadre de la formation, une meilleure connaissance et reconnaissance de leur discipline, de leur identité doit permettre aux futurs enseignants de mieux se situer et de contribuer à une certaine stabilisation de la technologie au collège.

représentations :
deux points
de vue

• La dernière question est celle des représentations. Elle est abordée suivant deux points de vue principaux : une approche par la psychologie cognitive et par les représentations sociales (Jodelet D., 1989 ; Mignes J., 1970 ; Richard J.-F., 1990 ; Toussaint J., 1992). Pour G. De Vecchi *« La représentation, ce n'est pas ce qui émerge (image...), c'est le modèle sous-jacent qui est à l'origine de ce qui émerge et que l'on s'est construit. Les représentations erronées sont fausses mais souvent simples, liées au réel, logiques, cohérentes, c'est pourquoi elles persistent. »*

Dans le champ de l'enseignement, d'importants travaux ont porté sur ce problème dans le domaine social (Moscovici S., 1976 : *« La représentation se définit en premier comme un processus de médiation entre concept et perception... »*, de plus *« la représentation sociale est un corpus organisé de connaissances et une des activités psychiques grâce auxquelles les hommes rendent la réalité physique et sociale intelligible, s'insèrent dans un groupe ou un rapport quotidien d'échange... »*). Trois éléments sont définis afin d'analyser une représentation : Les connaissances des apprenants sur le sujet (sur lequel porte la représentation), l'organisation par les apprenants d'un nombre limité d'informations pour concevoir le sujet, en valider la cohérence et la logique interne, et la prise de position ainsi que l'attitude des apprenants face à l'objet de la représentation. Ceci donne de premiers repères de réflexion pour l'étude des représentations d'étudiants concernant la technologie.

À la lumière de ce questionnement, une recherche d'identification des idées, attitudes ou « sentiments » à l'égard de la technologie, a été élaborée dans la perspective d'indiquer quelques orientations pour la construction des contenus de formation des enseignants.

2. MÉTHODOLOGIE ET RECUEIL DE DONNÉES

2.1. Une enquête par questionnaire

L'exploration des représentations de la technologie et de son enseignement en collège chez des étudiants n'ayant pas suivi une formation aux domaines techniques industriels et susceptibles de devenir enseignants de technologie (CAPET option Gestion) a été effectuée par une enquête par questionnaire. Celle-ci est construite à partir de quatre questions ouvertes relatives aux points mis en évidence précédemment. Elle s'appuie sur une enquête analogue (Abell S. K. & Smith D. C., 1994) portant sur les représentations de la nature de la science chez les enseignants de l'école élémentaire.

La construction du questionnaire s'est effectuée d'abord par une série de six entretiens non-directifs, d'une durée de vingt à trente minutes, réalisée auprès d'étudiants correspondant à la population étudiée. La transcription de ces entretiens conduits à partir d'une même question ouverte de départ (*"Que représente pour vous, dans tous les domaines, le mot technologie ?"*) a permis le repérage des différentes unités de signification liées à la technologie. Ainsi au mot technologie pris dans le sens commun s'associent d'une façon privilégiée : la nature de la technologie, son rôle, ses influences dans la société, son image (tantôt positive, tantôt négative), les hommes qui "font" la technologie, son éthique (notions de responsabilité), ses dangers, l'environnement technologique quotidien des individus, la culture technologique. De même l'enseignement de la technologie en collège fait évoquer ses buts, les activités scolaires et son importance dans la formation de l'individu.

deux thèmes
principaux
structurent
le questionnaire

2.2. Quatre questions ouvertes

Les deux thèmes principaux apparus dans les entretiens structurent le questionnaire : la technologie dans la société - l'enseignement de la technologie. Il se compose de quatre questions ouvertes ayant chacune un objectif principal. Ainsi la question 1 *"Pouvez-vous indiquer, en quelques lignes, ce qu'évoque pour vous le mot technologie ?"* souhaite identifier le champ lexical de la technologie selon les étudiants, les différents registres de discours et leurs associations possibles (pour mettre en évidence leurs cohérence, écarts et contradictions éventuels). La question 2 portant également sur les relations entre technologie et société *"Pouvez-vous préciser quels sont, selon vous, les relations, les rapports entre technologie, société et culture ?"* souhaite mesurer, dans le discours, qu'ils soient vus de manière positive ou négative, l'influence de la technologie, les rôles sociaux, les rapports avec la politique, l'économie, l'environnement...

Les deux questions suivantes s'attachent à la discipline scolaire. En ce sens, la question 3 *"Depuis 1985, il existe un enseignement de la technologie dans les collèges. À votre avis, quel est, ou quel devrait être le rôle de cette matière ?"* vise à repérer les finalités et les objectifs que les étudiants attribuent à la technologie comme matière enseignée. Enfin la question 4 en projetant les interrogés dans leur profession éventuelle propose d'observer la cohérence des représentations des étudiants sur la technologie dans leurs pratiques, leurs activités prévues et leurs discours : *"Si vous étiez professeur de technologie, pouvez-vous décrire, à travers deux ou trois exemples, ce que vous feriez dans les classes ?"*

2.3. Administration et recueil des données

Après un prétest pour valider le questionnaire, ce dernier est diffusé auprès des étudiants. Il a été proposé à cent étudiants en licences du secteur tertiaire (Administration Économique et Sociale, Sciences économiques, Droit...) à l'Université d'Orléans en janvier 1995. Ils représentent le vivier privilégié de recrutement en première année d'IUFM pour la préparation au CAPET de Technologie option Gestion. Le temps de passation est d'environ 15 à 20 minutes, ce qui correspond à quelques minutes par question. Ce temps est trop court pour construire une argumentation mais doit être suffisant pour laisser aux étudiants le temps d'écrire leurs idées (Rennie L. J., 1987). Aucune directive particulière n'est donnée quant au contenu puisqu'il s'agit de percevoir les représentations spontanées des étudiants sur le sujet.

un vivier privilégié
de recrutement
en première
année d'IUFM

3. ANALYSE DES DONNÉES

Pour chaque réponse, l'analyse du contenu s'est effectuée en repérant le vocabulaire significatif, c'est-à-dire le vocabulaire pouvant évoquer une idée, un sens commun. Les mots ont ensuite été regroupés par famille correspondant à un item de sens (ex. "Recherche" : recherche, progrès, innovation, création, amélioration, étude). Les propriétés ou caractéristiques des catégories ne sont pas définies *a priori* mais induites à partir d'une généralisation et d'une formalisation des propriétés des unités de signification (Guilbert L. & Meloche D., 1993) regroupées de façon intuitive dans un premier temps. Chaque catégorie est qualifiée par une syllabe ou un mot caractéristique ("Soc". pour socialisation, "Projet" pour démarche de projet technique par exemple). Ces qualificatifs illustrent le mieux possible le contenu s'y rapportant.

Pour le traitement des données, le codage employé dans les grilles d'analyse de contenu est binaire : le mot est absent dans la réponse, ou le mot est présent. La quantification est

alors effectuée sur la récurrence de chacun des mots caractéristiques exprimés directement en pourcentages. Cette analyse quantitative selon les items a permis de mettre en évidence les tendances à travers les idées majoritaires et le sens des phrases qui faisaient émerger une représentation dominante.

L'analyse a également porté sur les éléments absents qui sont tout aussi importants que ceux présents. En effet, d'après Antheaume (1993), dans ce travail d'expression des représentations, *"les manques apparaissent souvent plus révélateurs que les faits exprimés"* (ex. "démarche de projet" dans la quatrième question).

3.1. Les résultats

• Question 1 : "La technologie dans la société"

la technologie
évoque
spontanément
quelque chose

Le premier constat est que la technologie signifie spontanément quelque chose pour les étudiants. En effet, très majoritairement, les idées, les mots immédiatement associés sont *"la recherche", "le progrès", "l'innovation"* (pour plus de 50% des étudiants), *"la technique avancée", "la science"*. En ce qui concerne le lieu d'excellence où l'on trouve la technologie, c'est le laboratoire de recherche. Mais la technologie, c'est aussi *"la fabrication de produits", "l'étude de leur élaboration", "la maîtrise des pratiques de fabrication et des processus", "l'entreprise"*. Du point de vue social et écologique *"la technologie sert l'homme dans la société, améliore son environnement et sa qualité de vie"*. Pour quelques étudiants, la technologie *"c'est une matière enseignée au collège"*. Enfin, elle est le reflet parfois du *"futur"*, de *"la science fiction"*.

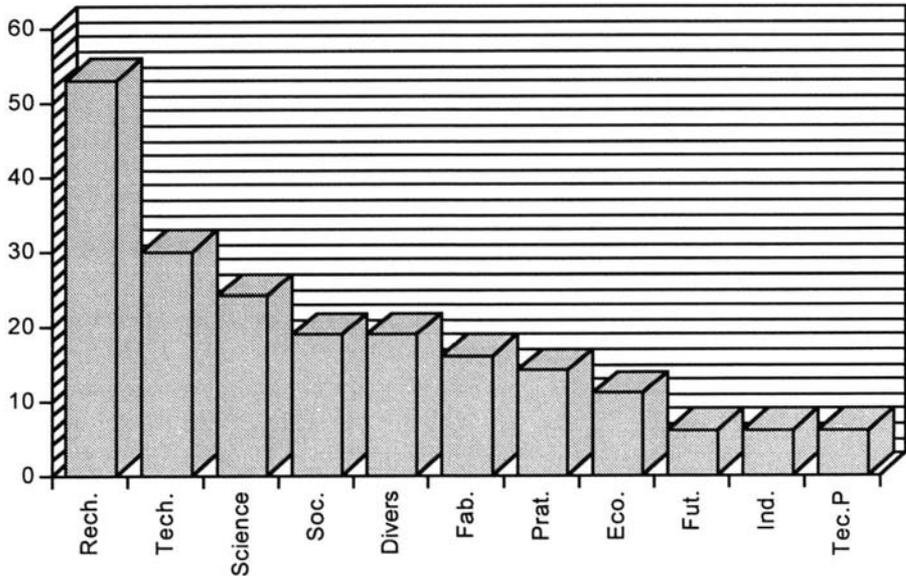
• Question 2 : "Les relations technologie-société-culture"

Pour les rapports entre la technologie, la société et la culture, une classification a été effectuée en considérant le vocabulaire qualifiant la technologie avec des connotations pouvant se référer à des valeurs plus ou moins positives ou négatives.

des avis très
partagés

Lorsque sont évoquées les relations avec la société, les avis sont très partagés en ce qui concerne les bienfaits ou les problèmes engendrés par la technologie. Outre *"l'amélioration de la connaissance, de la qualité de vie, les progrès dans l'entreprise"* (gain de temps, productivité accrue, dynamisme), la technologie a *"un rôle social d'intégration et d'accès à la culture : grâce au progrès, les gens ont plus de temps à consacrer à d'autres activités, culturelles par exemple"*. A contrario sont soulignés des *"problèmes d'uniformisation"*, voire de *"stagnation de la culture"*. La relation homme-machine est aussi mise en évidence à travers les *"problèmes d'emploi liés à l'évolution technologique"*. Le *"danger"* est également présent et se situe surtout par rapport à *"l'environnement, la planète"* (pollution, évolution technologique des armes).

Résultats de la question 1 “La technologie dans la société”



Items considérés

Rech. : Recherche, progrès, innovation, création, amélioration, étude (cela correspond à l'activité de découverte, de projet).

Tech. : Technique.

Science : Science, math., physique.

Soc. : Social, comportements (nous regroupons ici les mots se rapportant à l'impact social de la technologie, l'adaptation de l'individu à l'environnement technologique).

Divers : Matière enseignée, Divers (ce qui n'est pas classé dans les autres items).

Fab. : Fabrication, réalisation, construction, procédés, matériaux.

Prat. : Pratique, manuel.

Eco. : Économie.

Fut. : Futur, avenir, science fiction.

Ind. : Industrie, entreprise.

Tec.P : Technologie de Pointe, complexité (C'est le “High tech”, synonyme d'avance technologique).

des étudiant
qui ne sont pas
réfractaires au
"discours sur"
la technologie

En général, la réflexion sur la technologie dans la société n'est pas abordée dans les cursus scolaires, ce qui explique certainement les hésitations, les tâtonnements des étudiants pour répondre aux questions posées. Ceux-ci ne paraissent pas "réfractaires" à la technologie, ou, en tous cas, au "discours sur". Il est donc vraisemblable d'espérer modifier leur vision de celle-ci par rapport à un ensemble de définitions intégrant des dimensions et points de vues scientifiques, techniques, humains, sociaux, éthiques, politiques, économiques... dans le cadre d'une formation appropriée. Il est à noter que l'image globalement positive de la technologie reste en continuité avec celle qu'ont les adolescents à son égard (Terlon C., 1990).

• **Question 3 : "L'enseignement de la technologie au collège"**

c'est le faire
qui émerge
spontanément

Cette question fait appel au vécu scolaire des étudiants et à une réflexion sur la matière enseignée. En ce qui concerne le rôle de l'enseignement de la technologie au collège, c'est le "faire" qui émerge spontanément. La technologie doit favoriser la pratique, le "travail concret" en développant les "capacités manuelles" des élèves. Elle doit permettre "une bonne orientation scolaire" en apportant "une connaissance des différentes filières techniques possibles" ainsi que "l'acquisition d'une formation technique de base" (préprofessionnalisation). Il est souligné que "l'intégration de l'homme dans la société" est favorisée par la "familiarisation avec tous les systèmes techniques quotidiens" (développement des connaissances usuelles voire domestiques). La technologie constitue "un apport théorique dans les domaines techniques", elle développe "l'esprit de création, d'invention des élèves". C'est aussi "un moyen de vulgarisation et de connaissance" de "l'actualité technologique" (permet d'être présent au monde actuel), elle doit "former l'individu à l'utilisation de machines de fabrication et développer la connaissance du monde de l'entreprise, de ses méthodes de travail, de sa dimension économique". Pour quelques étudiants, elle permet de "découvrir, de travailler les matériaux". Enfin la technologie doit "former au dessin technique".

Ces déclarations permettent de cerner la vision des étudiants, des finalités, des buts, des objectifs de la technologie en tant que matière enseignée.

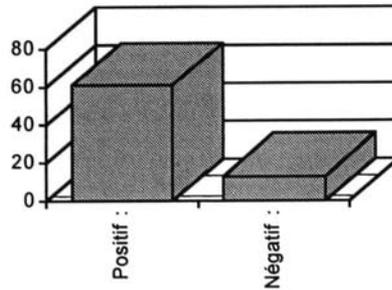
En ce qui concerne les finalités, sont présentes l'éducation de l'homme dans ses choix de vie, l'éducation du citoyen pour son intégration et son autonomie dans la société, l'éducation de l'homme au travail et son adaptation dans l'entreprise.

Les buts définis correspondent à des familiarités pratiques ou professionnelles.

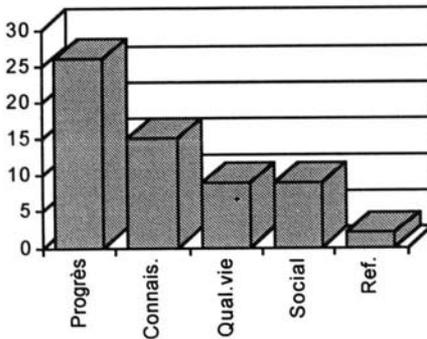
Enfin, parmi les contenus envisagés, se distinguent une initiation aux techniques (informatique, électronique), un apprentissage du dessin technique,...

Résultats de la question 2 “Les relations technologie-société-culture”

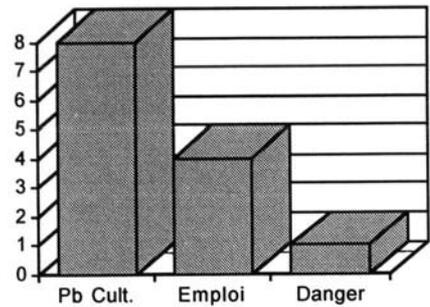
VOCABULAIRE



VOCABULAIRE POSITIF



VOCABULAIRE NÉGATIF



Vocabulaire à connotation positive

Progrès : Facteur de progrès, gain de temps, de productivité, dynamisme...

Connaissance : Élargissement des domaines de connaissance, de culture, de compétence...

Qual. vie : Amélioration de la vie, qualité de vie...

Social : Rôle social, intégration, accès à la culture, à la connaissance, évolution des mentalités...

Ref. : Sert de référence, de base...

Vocabulaire à connotation négative

Pb cult. : Stagnation, uniformisation, problème de développement de la culture.

Emploi : Chômage, menaces sur l'emploi...

Danger : Participation au développement des armes, danger pour l'environnement et la planète.

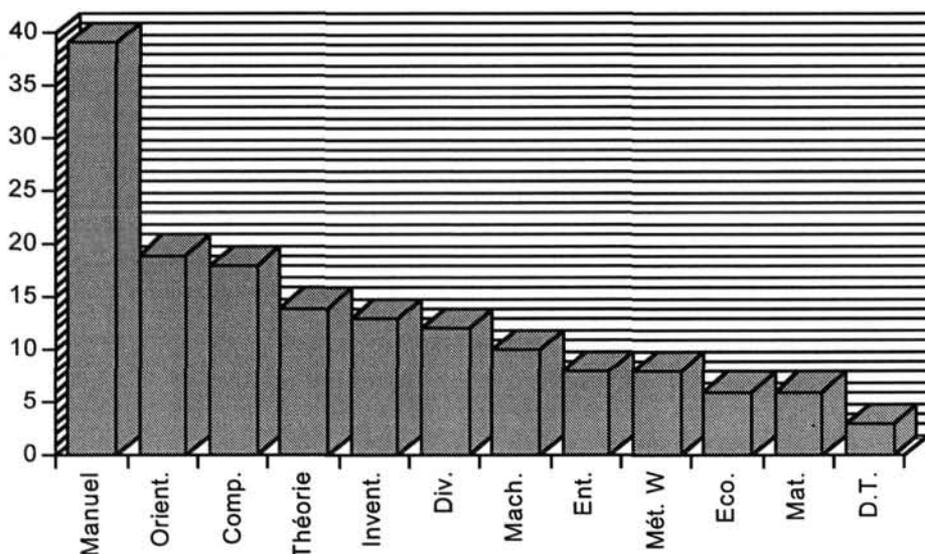
deux intentions
pédagogiques
se retrouvent

Beaucoup de réponses se rapportent au sens de l'enseignement de la technologie pour lequel deux intentions pédagogiques se retrouvent : celle qui tend à rendre l'homme plus libre dans ses actes, sa pensée et celle qui permet à l'individu d'être plus à l'aise pour vivre mieux.

En ce qui concerne les fonctions attribuées à l'enseignement de la technologie, ce qui ressort du discours des étudiants, c'est qu'il comporte principalement :

- une fonction cognitive, d'apprentissage des connaissances,
- une fonction praxéologique, d'apprentissage du geste,
- une fonction sociale, d'adaptation de l'individu à la société, au monde du travail,
- une fonction informative, de connaissance de l'actualité technologique et des métiers.

Résultats de la question 3 "L'enseignement de la technologie à l'école"



Items considérés

Manuel : Activités manuelles, pratiques, bricolage.

Orient. : Orientation scolaire, préprofessionnalisation.

Comp. : Comportement dans la société avec et face à la technologie.

Théorie : Activités théoriques, cours...

Invent. : Inventer, concevoir, créer.

Div. : Divers, actualité technologique.

Mach. : Connaissance des machines.

Ent. : Connaissance des entreprises, du tissu industriel.

Méth.W : Découverte, connaissance et pratique des méthodes de travail.

Eco. : Aspect et vie économique de l'entreprise...

Mat. : Connaissance et travail des matériaux.

D.T. : Dessin Technique.

• **Question 4 : “Les pratiques et activités projetées”**

une projection
vers le métier
d'enseignant

Le dernier point abordé avec les étudiants concernait les activités qu'ils proposeraient dans les classes s'ils étaient professeurs de technologie (la question nécessitait une “projection” vers le métier d'enseignant).

Les principales activités repérées ont trait à :

- la fabrication d'objets, de produits en utilisant divers matériaux,
- du bricolage, des activités domestiques,
- la vie et le fonctionnement de l'entreprise,
- la création de produits, l'invention,
- l'utilisation de l'informatique,
- la socialisation de l'élève (organisation, méthode de travail),
- la connaissance de l'électricité, de l'électronique,
- l'explication de l'actualité technique et technologique,
- la maîtrise du dessin technique,
- l'étude, la réalisation de projets techniques (2),
- la découverte de métiers et l'orientation future des élèves.
- l'histoire des techniques, des machines, des technologies.

Les activités proposées se réfèrent principalement à deux domaines de pratiques sociales (Martinand J.-L., 1986) : principalement d'ordre privé ou domestique : connaissance, utilisation d'appareils de la vie courante, activités domestiques (cuisine, plomberie, papier peint...), et de manière parcimonieuse, d'ordre industriel : informatique, électronique, ou en relation avec l'entreprise...

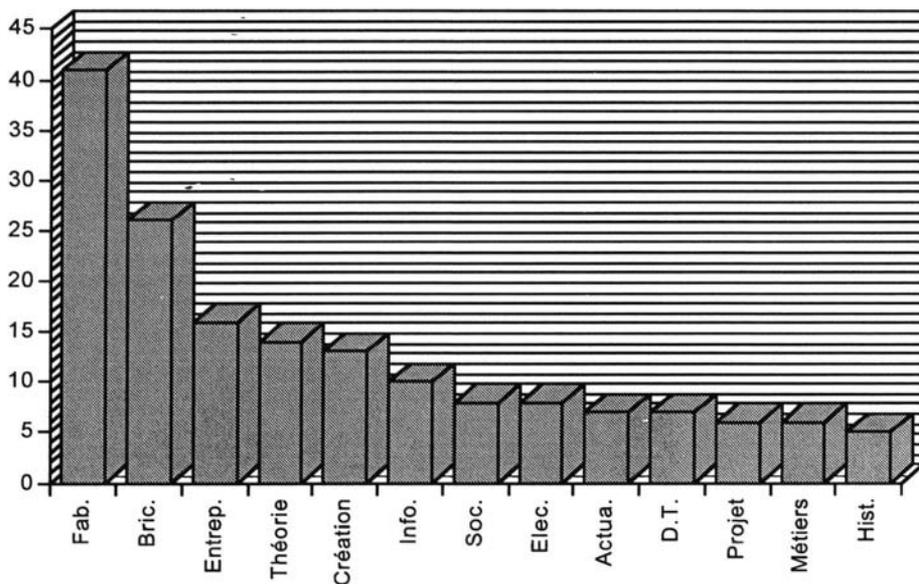
Différentes approches pédagogiques se dégagent des réponses et correspondent à des actions de l'élève : l'élève se socialise (sorties pédagogiques, visites, stages, travaux de groupe...), l'élève écoute (cours, exposés...), l'élève expérimente, vérifie par une approche d'exploration (exercice, travaux dirigés, travaux pratiques...), l'élève réalise, fait, construit (situation-problème, projet...).

certains éléments
fondamentaux
de la
technologie
absents

En revanche, certains éléments fondamentaux de la technologie n'apparaissent pas ou très peu. D'abord la notion de démarche de projet n'est que très peu présente, ni en tant que signifiant (cité en tant que tel), ni en tant que signifié (par des activités y ayant trait). Ensuite le secteur de la mécanique est quasi-absent des réponses. Sans doute l'image encore véhiculée, peu valorisante et plutôt ancienne ne correspond pas à l'idée que se font les étudiants de l'enseignement de la technologie. Très curieusement, pour des étudiants du secteur tertiaire, l'aspect économique est également quasi-inexistant dans les activités proposées.

(2) À noter que les trois derniers types d'activités ne sont pratiquement qu'anecdotiques.

Résultats de la question 4 "Les pratiques et activités projetées"



Items considérés

Fab. : Fabrication.

Bric. : Bricolage, activités manuelles, cuisine, menuiserie...

Entrep. : Ouverture sur l'entreprise (stages, visites, conférences...).

Théorie : Théorie, cours, exposés.

Création : Création, étude, conception.

Info. : Informatique.

Soc. : Socialisation (adaptation à la vie quotidienne, organisation du travail...).

Elec. : Électricité, électronique.

Actua. : Étude de l'actualité technologique, des découvertes, d'objets usuels.

D.T. : Dessin Technique.

Projet : Démarche de projet technique.

Métiers : Présentation, découverte des métiers des domaines techniques.

Hist. : Histoire des techniques, des machines, de la technologie.

3.2. Les tendances

Une vérification de la cohérence du discours est effectuée par une recherche des "invariants" et des tendances en mettant en correspondance les réponses sur la technologie dans la société (question 1), son rôle en tant que matière enseignée (question 3) ainsi que les activités proposées (question 4). Il s'agit de mettre en relation le poids des items.

recherche des
"invariants" et
des tendances

Pour cela des regroupements en quatre rubriques (seuls les éléments présents dans les trois réponses sont retenus) sont effectués.

Rubrique 1 : Elle regroupe toute l'activité d'étude, de création impliquant l'homme ou l'élève. Il est acteur face à la situation-problème qui se pose à lui.

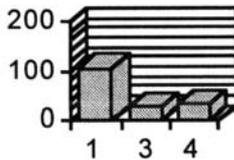
Rubrique 2 : L'individu doit être autonome dans la société, face à l'environnement technologique quotidien.

Rubrique 3 : Elle représente la fabrication industrielle, l'entreprise, le monde du travail.

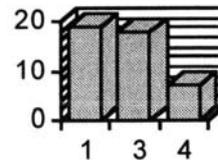
Rubrique 4 : Il s'agit du travail des mains, le bricolage, les activités domestiques.

**Comparaison des réponses aux questions 1, 3, 4
en fonction des thèmes communs regroupés en rubriques**

Rubrique 1



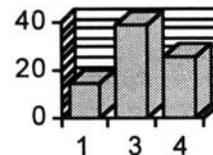
Rubrique 2



Rubrique 3



Rubrique 4



	Question 1	Question 3	Question 4
Rubrique 1	Rech. + Tech. + Science	Théorie + Invent.	Théorie + Créat. + Projet
Rubrique 2	Soc.	Comp.	Actua.
Rubrique 3	Fab. + Ind.	Mach. + Ent. + Meth.W + Mat.	Ent. + Fab.
Rubrique 4	Prat.	Manuel	Bric.

Les valeurs des rubriques 1, 2, 3 et 4 correspondent aux résultats cumulés des différentes réponses.

De l'observation des graphiques, des tendances peuvent être dégagées avec toutefois beaucoup de prudence quant à l'interprétation. En effet, les regroupements de rubriques, la teneur des discours ne peuvent exprimer, de manière tout à fait exacte et réfléchie, les intentions des étudiants par rapport à leurs conceptions de la technologie.

3.3. Des contradictions qui peuvent évoluer

des écarts
apparaissent...

Une première lecture des quatre graphiques indique des différences notables, pour chacun d'eux, entre les réponses fournies aux trois questions. À l'évidence, des écarts apparaissent dans le discours des étudiants. La mise en correspondance des réponses données aux questions concernant le rôle et la place de la technologie dans la société et celles définissant le rôle de l'enseignement de la technologie ainsi que les activités s'y rapportant révèle, en premier lieu, une contradiction entre l'image valorisante de progrès, de modernisme (technologie de pointe, automatisation...), de création, d'invention qu'elle a dans la société et les intentions d'activités proposées dans le cadre de son enseignement en collège. La notion de projet et toutes les activités de réflexion, de recherche ainsi que celles liées aux domaines économiques et sociaux s'y rapportant sont pratiquement absentes et ne se traduisent pas par des activités relatives à des situations-problèmes de nature technologique (recherche de solutions techniques par exemple) pour lesquelles l'élève serait davantage acteur. Les principales intentions d'activités sont exprimées en termes de fabrication et de pratiques manuelles domestiques de manière à permettre à l'individu d'être à l'aise dans des activités de bricolage (plomberie, papier peint, menuiserie, cuisine...), ce qui présente bien peu de liens avec les pratiques sociales industrielles que souhaite faire découvrir et connaître la technologie.

...un autre
décalage

Un autre décalage apparaît en ce qui concerne la socialisation de l'élève et son adaptation à l'environnement technologique. Les étudiants interrogés soulignent l'importance de ces aspects humains et sociaux, pourtant une très faible part du temps scolaire semble vouloir y être consacré.

L'entreprise, et surtout la fabrication industrielle qui sont très présentes dans l'enseignement de la technologie au collège, le sont beaucoup moins lorsqu'est évoquée la technologie dans la société. Comme si toute cette "technologie de l'excellence" était uniquement issue et n'existait que dans les laboratoires de recherche sans avoir grand-chose de commun avec la production industrielle et le monde du travail.

des facteurs qui
peuvent influencer
sur l'évolution
de la discipline

L'image restituée par les étudiants dans leurs propositions d'activités intègre une part de leur vécu de leurs cours au collège. Elle ne correspond pratiquement pas à la technologie d'aujourd'hui, organisée autour d'activités sur projet, sous forme de scénarios et de projet technique. Ceci peut

s'expliquer par la durée de la mise en place de la technologie "rénovée" à partir de 1985 (temps de formation de tous les professeurs, équipement des collèges...). Les étudiants interrogés étaient au collège entre 1985 et 1989, ce qui explique également la forte présence de la défunte E.M.T., notamment en ce qui concerne les travaux liés à l'habitat.

4. DES ORIENTATIONS POUR LA FORMATION

Cette étude met en évidence le décalage important qui existe dans les représentations des étudiants entre la technologie au sens commun et la technologie matière enseignée. Une bonne connaissance et une attitude positive des enseignants vis-à-vis du champ de la technologie sont des facteurs qui peuvent influencer sur l'évolution des contenus de la discipline (Symington D. J., 1987). Dans le cadre de la formation des futurs professeurs de technologie à l'IUFM, un travail de formation basé sur le conflit socio-cognitif entre l'image positive de la technologie et une concrétisation d'activités obsolètes devrait permettre d'engager un véritable travail de formation et la reconstruction des représentations plus justes de cette discipline. Une réflexion sur l'existence et le sens de la technologie nous paraît être nécessaire.

La référence à une pratique sociale, à chaque fois que cela est possible, doit organiser l'activité proposée en formation, afin d'amener les étudiants à aller au delà de leurs représentations par une confrontation avec différents points de vue. Les objectifs sont la prise de distance et la rupture éventuelle, nécessaires à cette évolution.

L'image valorisante de la technologie qu'ont les étudiants en général, ainsi que leur acceptation d'un discours sur la technologie devraient pouvoir servir de vecteur favorable à cette formation.

une réflexion
sur l'existence
et le sens de
la technologie

Frédéric GLOMERON
Université d'Orléans - IUT Chartres
LIREST - GDSTC - ENS de Cachan

Joël LEBEAUME
Université d'Orléans - IUFM Orléans-
Tours
LIREST - GDSTC - ENS de Cachan

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABELL S. K., SMITH D. C. (1994), "What is science ? : preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science", *International Journal of Science Education*, vol. 16, 4, 475-487.

AMIGUES R. *et al.* (1994), "La place de la technologie dans l'enseignement général et les recherches actuelles sur son enseignement", *Didaskalia*, 4, 57-72.

ANTHEAUME P. (1993), *Contribution à la définition des objectifs spécifiques et des activités spécifiques de formation professionnelle d'enseignants non spécialistes dans une discipline scientifique : la biologie*, Université Paris VII, Thèse de doctorat.

BEAUNE J.-C. (1980), *La technologie introuvable. Recherche sur la définition de la technologie à partir de quelques modèles du XVIIIème et XIXème siècles*, Paris, Vrin.

DEFORGE Y. (1993), *De l'éducation technologique à la culture technique*, Paris, ESF.

GAGNÉ B. (1994), "Autour de l'idée d'histoire des sciences : représentations discursives d'apprenti(e)s enseignant(e)s de sciences", *Didaskalia*, 3.

GLOMERON F. (1995), *Les représentations de la technologie et de son enseignement en collège chez des étudiants en licence AES et en préprofessionnalisation*, Mémoire de DEA, LIREST-ENS Cachan.

GUILBERT L., MELOCHE D. (1993), "L'idée de science chez des enseignants en formation : un lien entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions ?", *Didaskalia*, 2, 7-30.

JODELET D. (1989), *Les représentations sociales*, Paris, PUF.

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, 25-38.

MARTINAND J.-L. (1986), *Connaître et transformer la matière*, Berne, Peter Lang, 137-140.

MARTINAND J.-L. (1995), "Éléments d'épistémologie appliquée pour une discipline nouvelle : la technologie", in M. Develay (dir.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines*, Paris, ESF, 339-352.

MIGNE J. (1970), "Pédagogie et représentations", *Éducation permanente*, n°8.

MOLES A. (1994), "Ingénieurs et inventeurs d'aujourd'hui, Entretiens", in *L'empire des techniques*, Paris, Seuil/Cité des sciences et de l'Industrie, 69.

MOSCOVICI S. (1976), *La psychanalyse, son image, son public*, Paris, PUF.

RENNIE L. J. (1987), "Teachers' and Pupils' Perceptions of Technology and the Implications for Curriculum", *Research in Science and Technological Education*, vol. 5, 2, 121-133.

RICHARD J.-F. (1990), *Les activités mentales*, Paris, Armand Colin.

SALOMON J.-J. (1992), *Le destin technologique*, Paris, Gallimard, 67-82.

SERIS J.-P. (1994), *La technique*, Paris, PUF, 1-3 et 43.

SYMINGTON D. J. (1987), "Technology in the Primary School Curriculum : teacher ideas", *Research in Science and Technological Education*, vol. 5, 2, 167-172.

TOUSSAINT J. (1992), "Les représentations, un concept nommé en didactique", *Colloque Didactique et Formation*, IUFM Orléans-Tours.

TERLON C. (1990), "Attitudes des adolescent(e)s à l'égard de la technologie : une enquête internationale", *Revue Française de Pédagogie*, 90, 51-60.

CARACTÉRISER LES FIGURES DE LA DÉMARCHE DE PROJET EN TECHNOLOGIE

Alain Crindal

Dans le cadre d'une Enquête sur les figures de la démarche de projet en technologie, nous présentons ici un extrait des activités qui associent le Centre National de Montlignon et l'INRP dans une recherche-action. Nous avons, en premier lieu, identifié la place de la démarche de projet en technologie dans une perspective historique et épistémologique. Dans une seconde approche, nous avons construit un schéma d'analyse fonctionnant comme un filtre d'observation capable de caractériser chaque situation de projet étudiée. À titre d'exemple, nous présentons pour finir une des enquêtes de la recherche et son aboutissement : les différentes figures prises par la démarche de projet pour une population d'élèves de classe de Sixième. Actuellement cette étude se prolonge sur les regards portés par d'autres populations d'élèves et d'enseignants pour lesquelles les figures caractéristiques sont en cours d'élaboration.

1. UNE MISE EN SITUATION HISTORIQUE

1.1. Le projet un concept nomade en éducation : évolution historique des projets de production à l'école

Dans le champ éducatif le terme de projet donne l'impression d'inconsistance et semble être prisé pour ses vertus incantatoires. Nous résumons ici les principales étapes qui ont considéré le projet comme méthode d'enseignement (1).

- En 1910 la *Méthode Winnetka* préconise pour l'élève le droit de choisir la suite de son programme de travail... si l'élève l'a "mérité".
- En 1911 le *Plan Dalton* introduit la notion de contrat individuel négocié.
- En 1923 la *Méthode Dewey*, "*Learning by doing*", se présente comme une formation cognitive basée sur l'expérience. On observe le monde environnant ; on constitue une documentation consacrée à l'étude de cas commun, si possible à partir du vécu ; on émet des jugements après mise en coordination des éléments documentaires accumulés. L'enseignant est un guide, la documentation est la source des savoirs.

de la pédagogie
du projet...

(1) L'histoire de la pédagogie de projet est présentée plus en détail par BRU M. et NOT L. - *Où va la pédagogie du projet ?* - Toulouse : EUS, 1987.

- Aux alentours de 1923-1930, en URSS, la *Méthode des complexes* est basée sur le principe que toute activité utile à la société peut être source d'éducation. C'est l'école du travail. Il y a insertion dans une communauté de travail où la situation productive doit apporter, naturellement, le besoin d'acquérir d'autres connaissances complémentaires.
- À partir de cette époque la méthode des projets commence à se dégager.
- Dans la veine des travaux de Dewey, Kilpatrick (2) propose un système d'enseignement essentiellement actif où la connaissance sera acquise grâce à la *Méthode des projets* (École fonctionnaliste de Chicago). Il en définit les étapes : choisir un but, planifier l'action, réaliser les tâches planifiées et évaluer les résultats.
 - Le statut d'objet, pour l'élève, passe à celui de sujet de sa propre formation grâce aux travaux de Coussinet, Decroly, Freinet, Makarenko et Montessori, mais ces pédagogues n'utilisent guère le concept de projet.
 - La notion d'"apprentissage par le projet" apparaît en France dans les années 70 (3), elle fait suite à l'émergence des pédagogies coopératives. La mise en œuvre d'un projet est alors définie comme une série d'actions à répertorier, à organiser, à mettre en œuvre pour obtenir un "groupe-classe" centré sur une activité fédératrice.
 - Il s'en suit une série d'initiatives qui prolongent cet esprit : les "10 %" en 1973 incluent la notion de projet dans leur procédure. Une zone de liberté est créée pour compenser des défauts de l'autre zone ! Les PACTE (projet d'action culturelle et éducative) en 1979, sont là pour concrétiser les désirs des élèves, pour les motiver. Ils permettent de "passer à la pratique", ce que les cours traditionnels ne peuvent pas faire. Les PAE (projet d'action éducative), à partir de 1981, sont formalisés suivant une procédure de conduite de projet qui passe par une analyse des besoins. Ils préconisent le développement de la pédagogie de projet.
 - À la même époque, dans l'enseignement technique, le projet technique présente deux identités. L'une, globale, s'apparente à l'ingénieur auteur de son projet, l'autre située en aval dans l'exécution, est plutôt celle du dessinateur-projeteur interprète de l'idée de l'ingénieur.
- La méthode des projets ainsi exprimée ne peut se confondre ni avec la notion de projet d'établissement, ni avec celle du projet de l'élève que les travaux de L. Legrand (4) ont valorisé dans le but d'obtenir un *collège démocratique*.

... à la méthode des projets...

... et aux projets d'action...

... pour aboutir au projet technique...

... et au projet personnel

-
- (2) KILPATRICK W. H. - *The Project Method* - Teachers College Records, 1918.
 - (3) VIAL J. - *Pédagogie du projet* - Paris : INRP, coll Pédagogie actuelle, s.d.
 - (4) LEGRAND L. - *Pour un collège démocratique* - Paris : La documentation française, 1983.

une notion forte
en technologie :
la démarche
de projet

Cette évolution nous permet de constater un dualisme de cheminement entre le projet comme technique d'enseignement et le projet comme mode de pensée. Si la première conception donne naissance à la démarche de projet en technologie au collège, elle n'en reste pas moins influencée par la seconde. Nous restons en présence d'un concept nomade, car *"ce n'est pas à la fois la même réalité qui traverse le projet d'orientation du jeune, le projet d'entreprise, la gestion par projet, le projet technologique et le projet architectural"*, nous avertit J.-P. Boutinet (5).

1.2. Le projet a déjà une histoire associée à la technologie

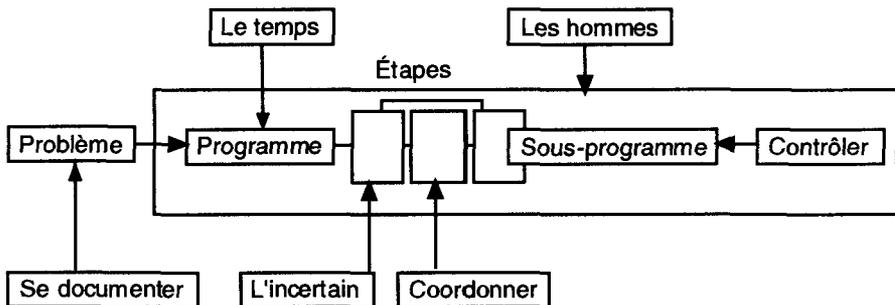
• À l'origine

Dans le texte de la COPRET 1 (6)

... "ce qui s'apprend et se construit au cours d'activités de projet est du domaine de la méthode, poser un problème de façon ouverte, documenter une question, balayer un champ hétérogène de données, anticiper un programme d'action, le décomposer en étapes et en sous-programmes, prévoir l'incertain... coordonner, ... se donner les outils de contrôle ... procéder à des choix ... gérer le temps... les relations interpersonnelles..., il est clair que le temps du projet n'est pas celui des apprentissages de contenus structurés..."

Les activités de projet opèrent le traitement d'un problème technique à travers une méthode mettant en œuvre des compétences spécifiques. Le projet est caractérisé par son ouverture, sa programmation, ses rapports au temps et aux hommes mais aussi ses liens avec des pratiques de référence. Le schéma 1 représente la structure des activités évoquées.

Schéma 1. Interprétation de la méthode de projet d'après la COPRET 1



(5) BOUTINET J.-P. - *Anthropologie du projet* - Paris : PUF, 1990.

(6) Cf. "Propositions de la Commission Permanente de Réflexion sur l'Enseignement de la Technologie", in *Technologie, Textes de références* - Sèvres : CIEP, 1992, p. 1 - p. 48.

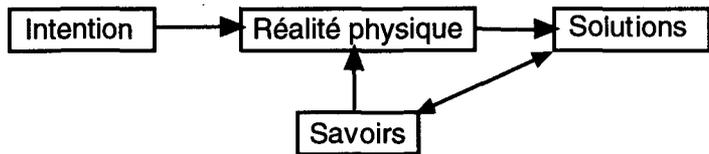
Dans le texte de la COPRET 2 (7)

... "toute activité technique est une démarche où se conjuguent ... une intention humaine... une réalité physique ... éclairée par un ensemble de savoirs ... des solutions empiriques ... enrichies ... des retours successifs aux savoirs ... une volonté d'utilisation au service de l'intention première".

"L'élève doit apprendre ... à maîtriser les liens entre l'analyse, la conception, la réalisation et l'usage d'objets techniques ..."

Ce qui correspond cette fois au schéma 2.

**Schéma 2. Interprétation complémentaire
de la méthode de projet
d'après la COPRET 2**



• **De 1984 à 1989**

Des stages consacrés à la mise en œuvre d'un "projet technique" ont été très rarement ajoutés à l'année de reconversion des enseignants de technologie. On peut faire l'hypothèse que le plus souvent 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.

L'introduction du CAPET a rendu exigible, pour les candidats, la réalisation d'un dossier relatif à la conduite d'un projet. Il fut implicitement admis qu'une présentation de la démarche devait figurer dans ce dossier.

• **À partir de 1990-1994**

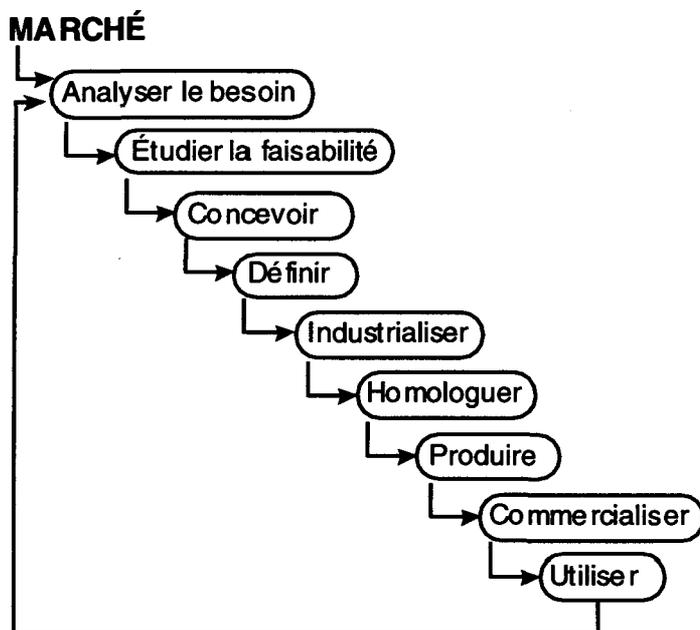
Les recyclages sont achevés, les enseignants commencent à se référer aux dossiers de CAPET et aux publications des CRDP pour constituer leurs sources documentaires et définir leurs pratiques.

La publication du livre de Rak *et al.* *La démarche de projet industriel* (8) vient contribuer au choix des démarches. Assimilée à une grille descriptive, sa structure est alors dupliquée dans les progressions annuelles des enseignants informés (voir le schéma 3 de la version 1990).

(7) Textes de références, *op. cit.*, p. 49 - p. 86.

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

**Schéma 3. Représentation simplifiée
de la démarche de projet industriel**
(d'après Rak, Teixeira *et al.*, 1990)



• **À partir de 1994**

L'Inspection Générale de la discipline, par les voix de B. Debette et P. Lebon, IGEN STI (9) précise la valeur didactique des situations de projet : "... la place particulière qu'a la technologie dans l'élaboration du projet personnel de l'élève... il semblerait que l'éducation physique et la technologie, moins enfermées dans le carcan des programmes, permettent d'individualiser l'enseignement...". Dans le même document elle répond également à un doute en s'exprimant sur la référence industrielle : "Le projet est déterminant en technologie ; la démarche n'est pas linéaire ; dans l'organisation taylorienne, on passait du bureau d'études au bureau des méthodes ; on a simplifié la méthode, c'était commode, cela rassurait les professeurs ; le projet par définition, suppose la remise en question des étapes ; c'est, donc, une démarche complexe."

les programmes
sont revus

Le Groupe Technique Disciplinaire met en œuvre la refonte des textes et programmes officiels concernant la technologie au collège. Pour la classe de Sixième fixant les acquis de

(9) DEBETTE B., LEBON P. - "Actualités de la technologie", in *Les publications de Montlignon*, n° 16, mars 1994.

l'école élémentaire, la démarche de projet apparaît occultée au niveau de l'élève mais celui-ci, en s'initiant aux techniques, se prépare à la pratique du projet. Pour cela, il est amené à mettre en œuvre deux moments d'un projet soit dans sa réalisation, soit dans l'analyse d'une situation de commercialisation (10).

En classes de Cinquième et Quatrième (11), il est envisagé des situations de projet limitées dans le temps et l'ambition. Ces pratiques, conçues sous la forme de scénarios choisis par l'enseignant parmi les propositions du programme, sont cadrées par une référence industrielle ou commerciale. Elles formeraient un tout en soi et ne seraient pas à considérer comme le traitement partiel d'une procédure exhaustive d'un hypothétique projet complexe.

Il reste imaginable qu'en classe de Troisième l'élève puisse utiliser les compétences acquises auparavant pour participer au choix, à l'élaboration et à la conduite d'un projet.

1.3. La démarche de projet, constituant de la matrice disciplinaire

Pour étayer l'ensemble du propos, il faut résumer la construction épistémologique que J.-L. Martinand (12) dessine sur la discipline. La technologie inscrit trois développements dans ses finalités :

- développement personnel de l'individu ;
- développement social (dans une fonction thérapeutique comme l'évoquent Bru et Not (13), mais aussi dans une fonction compensatrice de rééquilibrage disciplinaire) ;
- développement économique (compétences face à la modernisation du système).

Les activités doivent répondre à la double contrainte d'être probables dans l'école et de faire référence au monde technique.

La démarche de projet industriel participe à la matrice structurant les activités de la technologie. Les notions utilisées dans la démarche de réalisation peuvent être réinvesties dans les démarches d'investigation.

Dans le même esprit, J. Lebeaume (14) nous a nettement présenté la place prise par le projet dans la construction de la discipline : "*Selon Michel Develay celle-ci [une discipline*

la double
contrainte
de la référence
et de la faisabilité
scolaire

(10) Voir *Les Publications de Montlignon* n° 24, Le temps, p. 59-65.

(11) Voir à ce sujet les propositions de programme conçues par le Groupe Technique Disciplinaire. B. O. n° 1, 7 mars 1996 p. 191-196.

(12) MARTINAND J.-L. - "Rudiments d'épistémologie appliquée pour une discipline nouvelle : la technologie", in *Savoirs-scolaires et didactique des disciplines* - Paris : ESF, 1995.

(13) Ibid. note (1)

(14) LEBEAUME J. - "Logique disciplinaire du projet technique et cohérence interne de l'enseignement" in *Les publications de Montlignon*, n° 17, juin 1994.

rendre cohérents
par le projet
objets, tâches et
connaissances

scolaire] peut être définie par quatre éléments et une matrice qui fixe la cohérence de l'ensemble. Ce sont les objets, les tâches, les savoirs déclaratifs et les savoirs procéduraux. Au collège, la technologie se distingue des autres disciplines par ses objets propres que sont les "engins" à la fois objets, matériaux, outils et machines. Les tâches des élèves sont également singulières puisqu'ils agissent, construisent, agencent ou réalisent. Les connaissances déclaratives, à des niveaux de formulation différents permettent de désigner et de distinguer les composants, les matériaux, les fonctions, les organes, les principes... En étroite relation, les connaissances procédurales évoquent les méthodes associées aux règles et aux outils matériels ou symboliques, ainsi que les savoirs pratiques qui assurent la réussite de l'action. La cohérence de l'ensemble de ces éléments est assurée au collège par le projet technique qui peut être considéré comme la matrice de la discipline scolaire. En effet, le projet technique en est le principe organisateur. Il en fixe l'identité à l'école moyenne, valorise des méthodes et des savoirs - l'analyse de la valeur par exemple - ainsi que des domaines d'activités et assure la reproductibilité des séquences.

... Les projets sont alors des traductions scolaires, des interprétations pour les classes, qui conservent leur signification initiale. En ce sens les activités demeurent des situations techniques lorsque sont présents les réels problèmes que pose la transformation d'une idée en un produit utilisable, commercialisable, industrialisable et recyclable."

2. LES FIGURES DE PROJET

L'éducation technologique, aujourd'hui, conçoit les activités scolaires dans la mise en œuvre d'un projet. Or, les différentes réalités désignées par ce terme, comme ses conditions historiques d'émergence ont pour conséquence la coexistence de différentes "figures". La notion de projet porte des divergences sémantiques, elle est au carrefour des savoirs professionnels et éducatifs.

Cette recherche s'inscrit dans la phase de reconstruction des programmes, période qui va demander aux enseignants un nouvel effort d'adaptation et de perception de la matrice disciplinaire. Elle permettra, à cette occasion, d'apporter un nouvel éclairage.

2.1. La notion de "figure" et les hypothèses de la recherche

figure et non
modèle

Nous avons utilisé le terme de figure pour sortir de la notion de modèle qui ne serait pas ici appropriée. En effet ne serait-il pas risqué de généraliser hâtivement des pratiques dans une modélisation ? En encadrant des comportements dans des procédures toutes faites, une normalisation exces-

sive peut apparaître. Elle s'opposerait aux vocations d'authenticité et de création que l'on attribue généralement au projet.

Pour chaque type de données recueillies, nous devons dominer les réalités diversifiées du terme "démarche de projet" quelles que soient les logiques présentées dans l'historique : éducative, psychosociologique ou professionnelle.

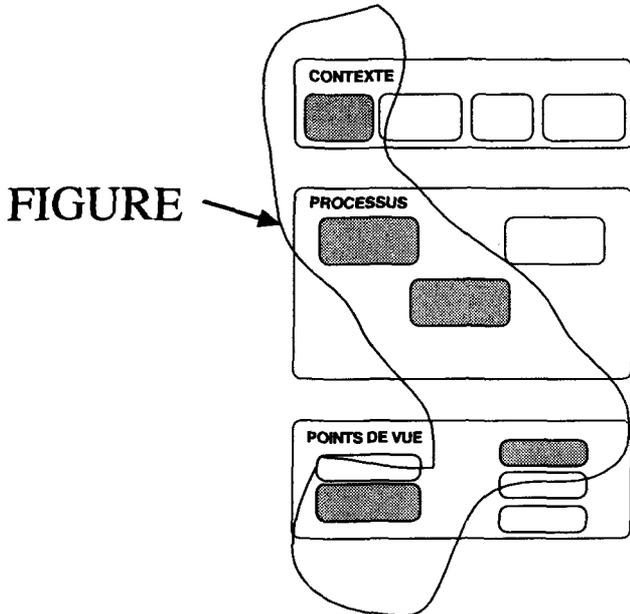
Ainsi, dans une figure, il ne s'agit pas d'isoler simplement le moment final de la conduite du projet, ni de considérer seulement les projections préalables à toute élaboration de projet. Il s'agit aussi d'englober "le décor" du projet sans lequel aucune humanité ne peut être saisie. Respecter cet impératif nous a fait structurer la présentation d'une figure en trois traits :

- le contexte du projet ;
- son processus ;
- les points de vue adoptés pour le considérer.

Chacun de ces traits comporte des éléments qui, suivant le projet, caractérisent l'allure de la figure. La "lecture d'une figure" se fera à travers le décryptage des éléments de chacun de ces traits, comme l'indique le schéma 4 (les éléments significatifs sont rehaussés en grisé, les trois traits sont représentés par les cadres généraux).

trois "traits"
pour lire
une figure

Schéma 4. Lecture d'une figure



2.2. Méthodologie de recherche

Trois investigations sont conduites parallèlement.

les acteurs

- La construction d'un schéma général d'analyse du projet conçu avec la volonté d'échapper au crible unique du processus. Élaboré à partir d'une recherche bibliographique, ce schéma s'est modifié d'une manière empirique par des aller et retour successifs avec les résultats des deux étapes suivantes (enquêtes et analyses complémentaires).

- Des enquêtes devant déterminer les caractéristiques des figures de projet à partir des descriptions qu'en font cinq populations :

- des élèves en Sixième avant enseignement de la technologie ;
- des élèves en Quatrième après deux années d'enseignement ;
- les enseignants des terrains expérimentaux ;
- les enseignants en situation formelle de concours ;
- des professionnels issus de secteurs suffisamment significatifs pour constituer des références en technologie.

... et les prescripteurs

- Des analyses complémentaires portant sur :

- quelques textes fondateurs de la discipline sur ce sujet (*La démarche de projet industriel*, Rak, I. et al. - *La didactique de la Technologie* intervention de Sellier M. au colloque de Montpellier - *Le projet pédagogique*, Gonnet A. et Corriol A., CRDP d'Aix-Marseille - *Vers une culture technologique*, Amarnier G. et al., CRDP de Clermont) ;
- une étude des stratégies de formation à propos de démarche de projet dans un IUFM et une MAFPEN d'une même région.

Dans le cadre de cet article, nous ne traiterons que du schéma d'analyse et des caractéristiques des figures de projet pour les élèves de classe de Sixième.

3. UN SCHEMA D'ANALYSE

Une étude détaillée des méthodologies de projet (15) nous a conduit à l'élaboration d'une première analyse des situations de projet.

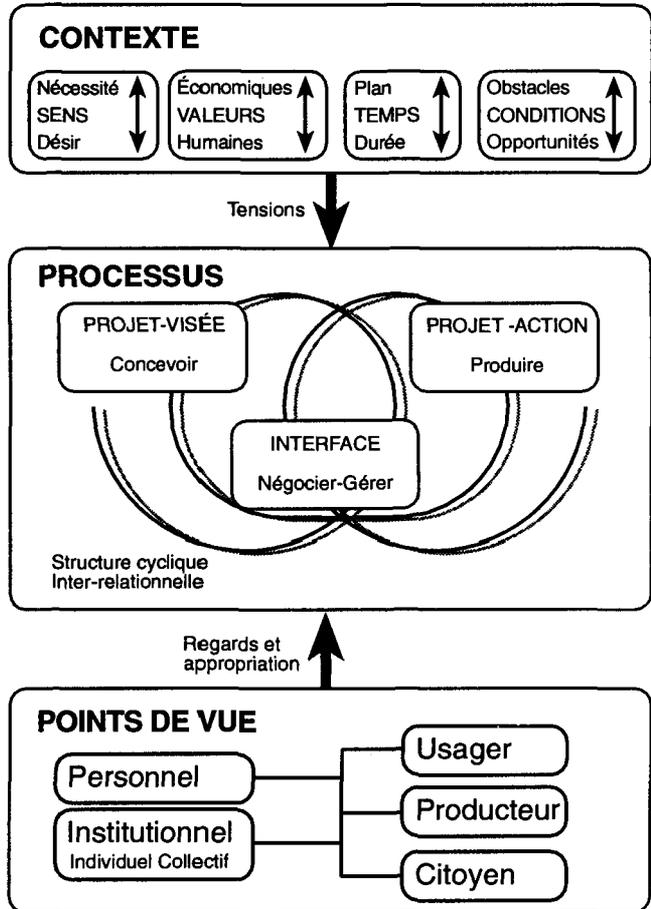
Le processus, cœur du problème, est centré sur la *praxis* — l'action — et sur la *poiésis* — le but de l'action — (16). Il est dépendant à la fois du contexte dans lequel se déroulera le projet, mais aussi des points de vue que les acteurs ou les observateurs du projet peuvent s'appropriier à son contact. La pertinence de ce schéma a été testée par itérations successives avec les résultats des enquêtes. Nous faisons figu-

(15) CRINDAL A. - *Recherche bibliographique*, DEA - LIREST ENS Cachan, 1995.

(16) Voir BOUTINET ouvrage cité, note (5), page 220.

rer ici la dernière analyse issue de cette élaboration empirique (schéma 5).

Schéma 5. Organigramme d'analyse



Habituellement les discours technologiques associés au projet portent sur le processus. L'originalité de cette recherche se situe principalement sur les apports que peuvent fournir les introductions respectives du contexte et des points de vue dans la description des démarches.

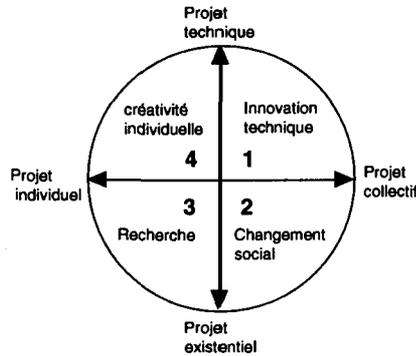
3.1. Les points de vue

Nous faisons l'hypothèse que les descriptions des projets dépendent des regards et de l'appropriation de la multiplicité des acteurs. Des points de vue peuvent ainsi se chevaucher et influencer l'histoire du projet à un moment donné (voir dans l'encadré ci-après les extraits A, B, C).

**Extraits bibliographiques significatifs
ayant guidé la prise en compte des points de vue**

A. *La rose des vents* (projet de J.-P. Boutinet)

Schéma 6. La rose des vents du projet de J.-P. Boutinet



B. Les forces du marché viennent valider le projet mais elles le font au même titre que les autres acteurs : *“... aux notions encombrantes de force du marché, comme à l’irrésistible poussée des techniques, nous préférons des assemblées de porte-parole qui rassemblent ... autour de la même table des mondes différents. Le haut fonctionnaire parle au nom de la France ... le ministre des Transports ... parle au nom du gouvernement ... qui lui-même parle au nom des électeurs ...Matra ... parle au nom des automobilistes ... l’ingénieur parle au nom des techniques de pointe...”* (B. Latour)

C. *“Comment faire un projet d’avenir si l’on est tenaillé par son passé.”* (P. Vassileff)

D. L’idée de projet part du désir social et politique d’une plus grande emprise des individus sur leur devenir tout en portant en elle la marque de l’existence d’une fragilité des sociétés.

Des passages difficiles sont le signe de la gestion de cette opposition inhérente à toute action humaine qui cherche à anticiper son dessein :

- l’écart discours - pratiques ;
- l’écart logique individuelle - logique collective ;
- l’écart espace-temps à anticiper, à aménager ;
- l’écart réussite - échec.

(D’après J.-P. Boutinet)

E. Grand nombre de projets individuels ne font jamais l’objet d’une socialisation. En revanche *“...lorsque la démarche d’élaboration de projet se présente comme un acte délibéré, choisi, socialement organisé, on constate que la représentation ... donne lieu à socialisation”*. (J.-M. Barbier)

F. *“Le gestionnaire de projet est donc pleinement un manager.”* (R.-P. Declerk)

G. *“J’ai été le premier à me rendre compte que les objectifs d’une entreprise lui sont extérieurs : c’est-à-dire qu’il s’agit de créer et de satisfaire un consommateur.”* (P.-F. Drucker)

des
appropriations
du projet
diversifiées

Nous avons choisi deux approches distinctes, interne et externe. Le point de vue interne est celui du producteur, terme générique qui recouvre à la fois le manager, le concepteur, le réalisateur et le commercial. L'utilisateur et le citoyen ont en revanche, un point de vue plus externe au projet (voir extraits B, G, F).

L'appropriation du projet peut se faire à titre personnel ou, à l'opposé, d'un point de vue institutionnel. Sur ce dernier aspect deux places peuvent être occupées, soit par le rôle social d'un collectif dans une organisation productrice, soit par des rôles individuels masquant le collectif (voir extraits D, E).

Cependant, pour un même individu, le point de vue est rarement unique. Il est possible d'exprimer alternativement la perception "officielle" du projet, celle du regard de son institution — dans ce cas on aura une "belle histoire" du projet —, et celle de son propre investissement dans l'acte collectif (voir extraits A, D).

3.2. Le processus

rendre compte
de la complexité

En ce qui concerne le processus nous nous proposons d'observer sa structure. Comme nous en prévient J.-M. Barbier "*Activé par le désir, activateur lui-même de motivations, le projet semble donc fonctionner dans le cadre d'un processus itératif et cyclique...*" (17). Nous savons que cette structure est rarement affichée dans sa réalité vu sa complexité. Nous tentons d'apporter un regard sur l'aspect cyclique et relationnel qui pourra se révéler au-delà des discours, après coup, sur les déroulements, même si ceux-ci sont d'apparence linéaires et programmés.

Nous distinguons trois pôles dans le processus, à savoir :

- le projet-visée, pôle qui anticipe l'action. ; nous évoquons l'ensemble de ses tâches sous le terme de concevoir ;
- le projet-action, pôle qui concrétise l'idée de projet et tend vers un aboutissement ; nous le caractérisons par le mot produire ;
- le pôle interface situé entre les deux précédents, il est le lieu de négociation entre la projection et la concrétisation ; les tâches sont ici regroupées sous les termes de négocier et gérer.

trois pôles centrés
sur la visée,
l'action et
la négociation

Les propos de J. Ardoïno (18), J.-M. Barbier (19), J.-P. Boutinet (20), F. Cros & A. Philip (21) confortent cette

(17) BARBIER J.-M. - *Élaboration de projets d'action et de planification*. - Paris : PUF, 1991.

(18) ARDOÏNO J. - *Revue Éducation permanente*, 1993.

(19) BARBIER J.-M. (ouvrage cité, note (17)) présente un modèle plus complexe où ces trois étapes sont imbriquées dans un processus exploratoire comportant cinq niveaux.

(20) BOUTINET J.-P. - "Les multiples facettes du projet" - *Sciences humaines* n° 39, 1993.

(21) CROS F. & PHILIP A. in *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation*. Paris : Nathan, 1994 , p. 802 à 810.

analyse en termes de pôles (voir dans l'encadré suivant les extraits A, B, D). Ils les considèrent comme reliés entre eux dans un processus cyclique qui évoque l'aspect combinatoire des mises en œuvre de projet.

Par ce descripteur, nous pensons respecter la diversité des programmations de projet et rendre compte de la mise en étapes proposée (voir extraits B, C), soit par les auteurs centrés sur le management comme P.-F. Drucker (22) et J.-P. Durand (23), soit par les spécialistes de la gestion par projets en entreprise (voir extraits B, C, D) comme F. Nasser (24) et R.-P. Declerck (25). De cette façon nous exhibons la dispersion des tâches alors qu'elle est souvent occultée. Sur ce point, les sociologues des techniques comme B. Latour (26) et P. Flichy (27) ont tracé un chemin plus réaliste.

3.3. Le contexte

des tensions dues
au contexte
entre :

durée et
nécessité

humain et
économique

durée et
planification

opportunités et
obstacles

Le contexte peut être décrit à partir de quatre questions permettant de situer le projet dans quatre systèmes de double contrainte (voir dans l'encadré page 75 les extraits A, B, C).

- Celle qui concerne le sens du projet et renvoie à la double contrainte nécessité/désir (la nécessité traduit une tension — répondre au projet par l'obligation d'un travail par exemple — le désir fonctionne lui, comme une pulsion incitative).

- Celle qui concerne les valeurs oscille entre valeurs économiques et valeurs humaines (du marché comme contrainte aux humanités comme explication).

- Celle qui prend en compte le temps dans ses logiques d'organisation ou de formation.

- Celle qui s'intéresse aux conditions dans lesquelles naît et se développe le projet entre obstacles à franchir et opportunités à saisir.

Les tensions indiquées dans le bas de la partie "contexte" du schéma 5 s'exercent plutôt vers la stimulation (désir, valeurs humaines, durée, opportunités) alors que celles présentées vers le haut représenteraient plutôt des signes de limitation (nécessité, valeurs économiques, plan, obstacles).

(22) DRUCKER P.-F. - *La nouvelle pratique de direction des entreprises* - Paris : Éd. de l'organisation, 1977.

(23) DURAND J.-P. - *Vers un nouveau modèle productif* - Paris : Syros, 1993.

(24) NASSER F. - *L'ingénierie et son organisation* - Paris : Eyrolles, 1974.

(25) DECLERCK R.-P. *et al.* - *Le management stratégique des projets* - Éd. Hommes et techniques, 1980.

(26) LATOUR B. - *Aramis ou l'amour des techniques* - Paris : La découverte, 1992.

(27) FLICHY P. - *L'innovation technique* - Paris : La découverte, 1995.

**Extraits bibliographiques significatifs
ayant orienté la présentation du processus**

A. *“La démarche de projet apparaît être une série d’itérations entre le réel et ce qui est souhaité...”*

... La démarche d’élaboration de projet peut être définie comme un processus de transformation d’une représentation orientée du réel... en une représentation orientant le réel ..., préalable à l’action, elle rend compte du statut et des conditions d’usages des différentes représentations apparaissant à l’occasion des actions.

... Il y a confusion entre la planification de l’action et la réalisation de l’action... Sur le plan temporel, même s’il y a itération, la tentation est grande de présenter l’activité d’exécution comme le prolongement naturel de l’activité de planification...

Un projet peut être décrit comme l’idée d’une transformation possible du réel, alors que la réalisation de l’action, elle, peut être définie comme le procès de transformation de ce réel.

... Ces deux procès sont de statuts très différents et leur distinction éclaire un certain nombre de rôle et de fonctions...” (J.-M. Barbier)

B. *“La gestion des grands projets s’apparente plutôt à celle de grands programmes. Les étapes se retrouvent souvent dans cette linéarité temporelle :*

- étude de faisabilité ;*
- étude des solutions techniques ;*
- mise en place de la conception détaillée (contrats, spécifications techniques, financières, temporelles et organisationnelles donc humaines) ;*
- mise en œuvre au travers d’un réseau d’activités interdépendantes qui sera coordonné et animé par un chef de projet et son équipe dont la fonction principale est intégratrice ;*
- contrôle du projet par mesure d’écarts ;*
- évaluation et réception du projet.” (J.-P. Boutinet p. 207)*

C. [L’ingénierie serait] *“...l’ensemble des activités, essentiellement intellectuelles, ayant pour objet d’optimiser l’investissement, quelle que soit sa nature, dans ses choix, dans ses processus techniques de réalisation et dans sa gestion”.* (F. Nasser)

D. *“... On découpe souvent les projets en phases dites de conception, de faisabilité, de maquette, de prototype, de développement probatoire, de préindustrialisation, de mise au point, de recette, de qualification, d’industrialisation, d’homologation... Malheureusement, les phases ne sont pas seulement floues, elles peuvent ne pas se succéder du tout.” (B. Latour)*

Trois extraits bibliographiques ayant guidé la prise en compte du contexte

A. *“Le contexte de la demande et l’intérêt des consommateurs se négocient comme le reste et font partie intégrante du projet.”* (B. Latour)

B. *“Il s’agit de prendre en compte le contexte. Ce sont donc des images du réel qui seront les contraintes et les éléments disponibles dans la situation d’action prévue. Fonctionnellement ces représentations apparaissent comme moyens obligés de l’acte de planification. Les points sélectionnés sont de l’ordre des conditions (temps dépensé, financement, dépense d’énergie) mais aussi de l’ordre des pratiques des acteurs et des institutions en cause (fonctionnements intellectuels, identification des relations, structures et stratégies de décision).”* (J.-M. Barbier)

C. *“Ackoff identifie sept paramètres pour cette attitude de projet : le sujet - le déroulement de l’action - les issues possibles - l’environnement - les probabilités de choix du sujet - l’efficacité escomptée de chaque action pour chaque issue - les valeurs relatives que le sujet place dans les issues.”* (Cité par J.-P. Boutinet p.131-132)

4. LES REPRÉSENTATIONS DES ÉLÈVES DE SIXIÈME SUR UNE DÉMARCHÉ DE PROJET

cerner les représentations d’un projet vécu...

... et celles de projets non vécus

Pour interroger les représentations d’une démarche de projet dont disposent les élèves de Sixième avant l’enseignement de technologie, nous avons distingué deux points de vue. L’un, interne, est celui du producteur, l’élève y est impliqué, c’est un projet pratiqué nous l’avons nommé “projet vécu”. L’autre, externe, est celui de l’usager, l’élève ne l’a pas pratiqué, nous l’avons nommé “projet non vécu”. Le premier point de vue renvoie aux représentations cognitives en raison de l’expérience préalable des sujets. Le second, en revanche, fait appel aux représentations sociales conçues à partir de produits correspondant à des secteurs industriels et commerciaux appartenant à leur champs de préoccupation.

Nous avons présupposé que les contextes des deux types de projet pouvaient faire appel à des tensions plutôt opposées. Pour le projet vécu les contraintes iraient plutôt vers la stimulation (désir, valeurs humaines, durée, opportunités) alors que pour le projet non vécu celles-ci seraient plutôt attirées vers la limitation (nécessité, valeur économique, plan, obstacles).

Un outil de recueil de données (schémas 7 et 8) a été élaboré sous la forme d’un double questionnaire (28). Il a concerné une population aux catégories socioprofessionnelles volontairement diversifiées.

(28) Pour connaître la méthodologie du questionnaire mis en œuvre consulter le *Rapport de stage tutoré* - A. CRINDAL sous la direction de G. CRUZ - DEA, LIREST ENS Cachan, 1995.

Schéma 7. Questionnaire concernant un projet vécu

Nom :		Sexe : M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>		PROJET VÉCU
Prénom :		Profession des parents :		
Académie d'origine	Clermont Ferrand <input type="checkbox"/>	Orléans Tours <input type="checkbox"/>	Lille <input type="checkbox"/>	Poitiers <input type="checkbox"/>
<p>À un moment donné de ta vie, tu as fait quelque chose, pour toi ou pour quelqu'un d'autre. Raconte comment l'idée t'est venue et comment cela s'est déroulé. Si tu veux, tu peux faire des dessins pour t'aider.</p>				PRODUCTEUR

Schéma 8. Questionnaire concernant un projet non vécu

Nom :		Sexe : M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>		Age :	PROJET NON VÉCU
Prénom :		Profession des parents :			
Académie d'origine	Clermont Ferrand <input type="checkbox"/>	Orléans Tours <input type="checkbox"/>	Lille <input type="checkbox"/>	Poitiers <input type="checkbox"/>	
					USAGER
<p>Imagine tout ce qui s'est passé pour qu'un des produits ci-dessus puisse voir le jour et arriver jusqu'à toi.</p>					

4.1. Des indicateurs

Comme ceci était notre première enquête, la grille d'analyse du contenu figurant dans le schéma 9 a permis de revenir sur le schéma général d'analyse. Des tests successifs ont validé une série d'indicateurs qui, lorsqu'ils étaient présents dans les propos de l'élève, nous permettaient de coder les réponses. Certains champs se sont révélés non significatifs (42 et 43 par exemple), ils ont engendré une modification de notre cadre d'analyse. D'autres se sont présentés comme hors du cadre présumé. C'est par exemple toute la valorisation du processus (de 40 à 47) qui a été reconduite dans le contexte au moment où nous avons réussi à mettre en évidence le principe de la double contrainte (voir p. 73 les quatre doubles contraintes). D'autres encore ont été déplacés vers un autre trait (16 et 17 sont passés dans les points de vue). Dans le schéma 9, nous présentons une partie des indicateurs correspondant au dépouillement du projet vécu.

**Schéma 9. Grille d'analyse des réponses aux questionnaires (à gauche)
et indicateurs correspondants (à droite)**

N° 95

1. Contexte

10 Non déterminé
 11 Personnel
 12 Offrir
 13 Travail
 14 Opportunité
 15 Plaisir
 16 Seul
 17 Plusieurs
 18 Sans acteurs
 19 Conditions

2. Points de vue

20 Non déterminé
Production
 21 Concepteur
 22 Réalisateur
 23 Commercial
 24 Client

Consommation
 26 Usager
Citoyenneté
 27 Critique +, -

3. Descripteurs du processus

30 Nombre de tâches
Liens
 310 Non déterminé
 311 Coordination
 312 Conditionnel
 313 Temporel
 32 Composant(s)
 33 Obstacle(s)

Poles
 34 Besoin/idée
 35 Etudes/concep.
 36 Négociation
 37 Réalisation
 38 Commercialisation
 39 Usage/recycl.

4. Valorisation du processus

40 Non déterminé
 41 Mode privé
 42 Artisanal
 43 Industriel
 44 Coût
 45 Résultat +
 46 Résultat -
 47 Durée

Projet vécu

- 11 je, nous
 12 pour, à l'occasion de, cadeau, fête
 13 élève = école (en dessin, en technologie, avec Madame X)
 14 par hasard, au moment où (occasion saisie)
 15 content, satisfait, heureux
 16 je et rien d'autre
 17 les vendeurs, la libraire (même non personnalisés)
 19 lieux, outils, machines, savoir faire, matières
- 20 pas de point de vue repérable
 21 j'ai inventé, dessiné (l'inventeur)
 22 j'ai coupé, pris un bout de
 23 j'ai acheté pour faire, je l'ai vendu, échangé
 24 j'ai commandé, je l'ai offert à
 25 aucun producteur repérable
 26 "j'ai fait marcher, je m'en suis servi"
 27 "c'était utile, ça m'a appris, il a fallu que les hommes inventent"

- 30 somme de 34 à 39 : sont acceptables toutes les expressions rendant compte d'une tâche de conception comme de négociation sans se limiter à la production
 311 et, puis, alors
 312 c'est pour quoi, en même temps - Si ... alors
 313 trois mois après, plus tard
 32 les pièces de..., les parties du ...
 33 "ça a cassé, il a fallu, ça n'a pas marché"
 34 à 39 ce sont les étapes habituellement reconnues pour le projet technique : 34 et 35 pour le projet-visée (avec la stratégie commerciale dans les études)
 36 l'interface se rapporte à tous les contrats ou accords exprimés,
 37 et 38 pour le projet action sachant que 39 représente la fin de vie

- 41 bricolage à la maison, activités dans la rue
 42 un qui sait et qui aide, l'autre qui apprend en travaillant
 43 petite série, série, reproductibilité
 44 montant de, financement
 45 bien fait, valeur exprimée
 46 mon entourage n'était pas content, jugement négatif exprimé
 47 heures, jours, mois exprimés

4.2. Aspects des contextes, points de vue et processus pris en compte par les élèves de Sixième, dans un projet vécu évoqué et dans un projet non vécu imaginé

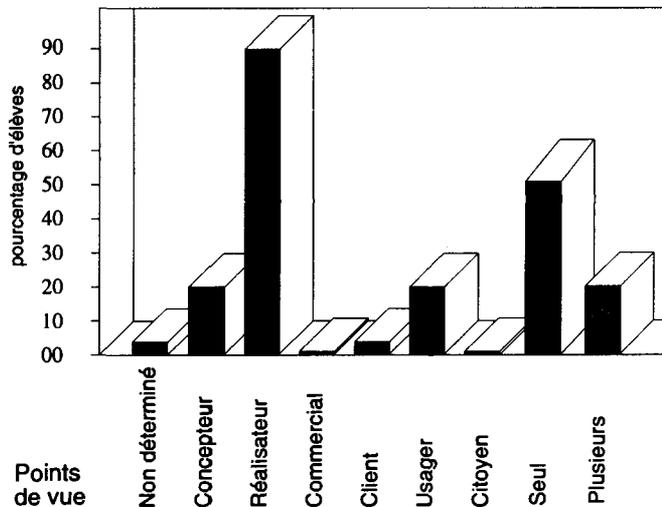
Nous présentons ici quelques réponses issues du dépouillement des 120 questionnaires recueillis.

- **Analyse concernant le trait "points de vue" qui apparaît dans les représentations des élèves à propos du projet**

un réalisateur
personnel pour
le projet vécu

Pour le projet vécu, l'orientation donnée par les réponses des élèves se situe au niveau d'une situation personnalisée dans le but d'offrir (voir schéma 10). Les enfants de Sixième définissent avec précision le contexte de leur projet : l'acteur est seul, agit pour lui ; il se représente majoritairement comme réalisateur, on constate quelques rares évocations de l'utilisateur.

Schéma 10. Analyse des réponses concernant les points de vue pour le projet vécu

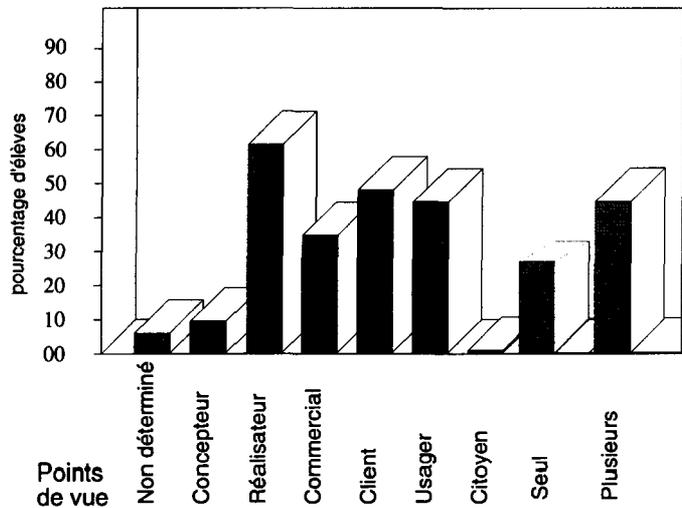


un producteur
institutionnel
pour le projet
non vécu

Pour le projet non vécu pris en référence, les choix des élèves se sont portés à égalité entre le pain et le vélo pour 40 % chacun ; le livre a été le plus souvent écarté avec 20 % de choix. L'orientation du point de vue est toujours une appropriation d'ordre institutionnel, il apparaît que le regard du producteur reste dominant (voir schéma 11), mais, pour certains, il s'affine dans le regard du commercial et s'accompagne aussi dans celui du client. Nous notons

une baisse sensible de la présence des acteurs pour certains élèves, mais aussi le contraire (l'émergence de plusieurs acteurs) pour une autre population.

Schéma 11. Analyse des réponses concernant les points de vue pour le projet non vécu



Dans ces deux représentations le concepteur est toujours absent.

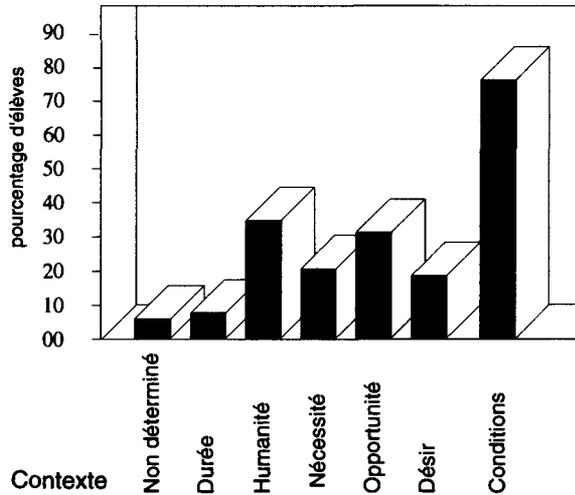
• **Analyse concernant le contexte du projet**

Les graphiques joints représentent la valeur moyenne en pourcentage des réponses pour l'ensemble de la population. Chacun des éléments de la grille d'analyse correspond au contexte du projet.

Pour le projet vécu les valeurs proposées gardent un côté affectif fort, la réussite du projet est exprimée, le désir de plaire, d'offrir et le plaisir de faire, prennent également une place privilégiée (schéma 12).

des tensions affectives dans le projet vécu

Schéma 12. Analyse des réponses concernant le contexte pour le projet vécu

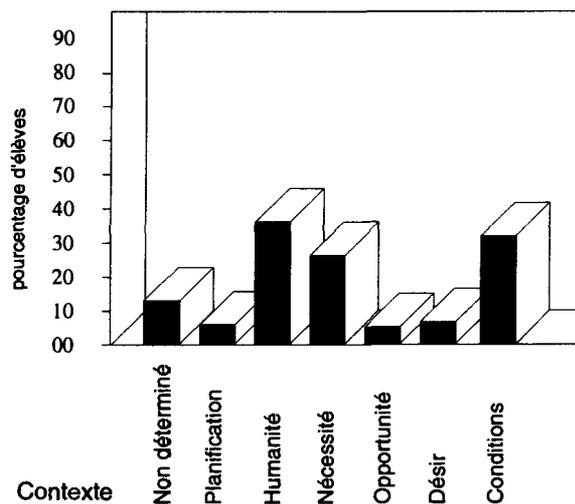


un monde de la production décontextualisé dans le projet non vécu

Pour le projet non vécu (schéma 13) l'implication dans le résultat disparaît. La nécessité est valorisée dans la présence du coût pour 50 % des réponses.

Quelques rares réponses semblent s'inscrire dans une pratique économique artisanale. La référence à des pratiques industrielles n'est pas décelable. On trouve donc peu de référence économique ou organisationnelle. On constate une très nette décontextualisation du projet non vécu.

Schéma 13. Analyse des réponses concernant le contexte pour le projet non vécu



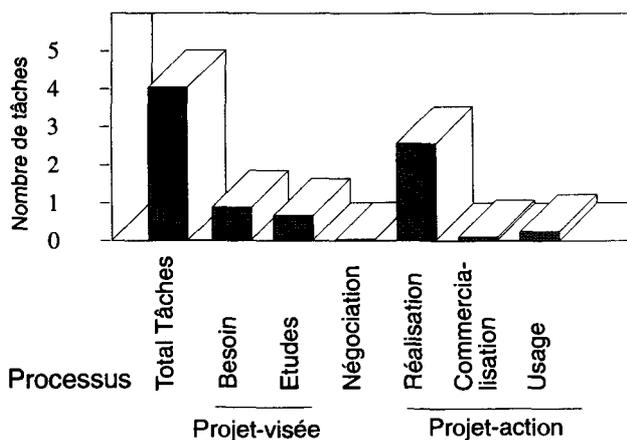
Le temps n'est pratiquement jamais évoqué. La notion d'opportunité, valorisée dans le projet vécu, a tendance à être très réduite dans le cas du projet non vécu sans que des obstacles ou des attitudes de résolutions de problèmes apparaissent.

• **Analyse concernant le processus associé au développement du projet**

Nous avons simplifié le dépouillement de cette partie étant donné le peu de finesse des réponses fournies par les élèves. Le projet-visée tel que défini dans le paragraphe 3.2, se retrouve dans "Besoin" et "Études", celles-ci englobant à la fois les études techniques, financières et commerciales. L'ensemble des tâches associées à des contrats ou des prises de décision se retrouve sous l'item "Négociation". Le projet-action se décompose en trois parties : la "Réalisation", la "Commercialisation" finale et la prise en compte de l'"Usage" du produit. Dans ces graphes nous représentons, pour l'ensemble de la population, le score moyen du nombre de tâches indiquées pour chaque pôle.

Nous constatons, dans le cas du projet vécu (schéma 14), que la catégorie "Réalisation" est fortement majoritaire. Les catégories "Besoin" et "Études" ne sont pas négligeables. Les tâches de "Négociation" et de "Commercialisation" sont totalement éludées. Dans cette situation qui nous donne une image de la représentation cognitive que les élèves ont d'un projet, c'est donc le projet-action qui domine le projet-visée.

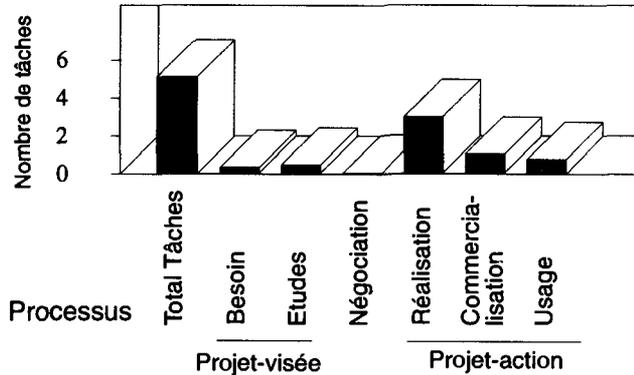
Schéma 14. Analyse des réponses concernant le processus pour le projet vécu



Dans le cas du projet non vécu (schéma 15), la catégorie "Réalisation" est encore largement majoritaire, suivie de la "Commercialisation". Là encore le projet-action domine le

projet-visée. Toutefois il n'existe que peu de réponses identifiant le rôle des acteurs associés à la mise en œuvre.

Schéma 15. Analyse des réponses concernant le processus pour un projet non vécu



Dans un ensemble non négligeable de réponses, il n'est question ni de "conception" ni de "réalisation" avant l'arrivée du produit dans la distribution. Ce type de réponse pourrait être qualifié de "génération spontanée" et se repère par des expressions utilisées par les élèves telles que : "j'ai envie de ... je vais au magasin ... je le trouve, (il est arrivé là je ne sais comment), je l'achète." (29)

linéaire,
pas à pas, pièce
après pièce

En ce qui concerne la structure des démarches, on constate pour une majorité que les pôles du processus sont pratiquement toujours définis séquentiellement et chronologiquement. Une logique conditionnelle est rencontrée occasionnellement : "Je peux faire ça puisque (ou lorsque ou après) j'ai fini ça." Le seul lien envisagé entre les pôles du processus est celui associé à la composition de l'objet. En fait, si une action est en rapport avec une autre, c'est par le biais des constituants (des composants). Les deux représentations cognitive et sociale semblent, sur ce point, construire leur logique de cheminement à travers la structure imaginaire de la constitution du produit.

• **Remarque sur la différenciation selon les populations interrogées**

Comparaison selon l'origine fille/garçon

Des différences peu significatives apparaissent entre les filles et les garçons. Sur l'ensemble des résultats, on perçoit une très légère augmentation du nombre de tâches citées

(29) Dans une enquête en cours, il semblerait que certains adultes conservent également ce mode de perception pour des produits issus de "technologies nouvelles" ceux-ci apparaissant comme des boîtes noires !

par les filles, uniquement dans le cadre de leurs réponses pour le projet non vécu.

Comparaison selon les catégories socioprofessionnelles

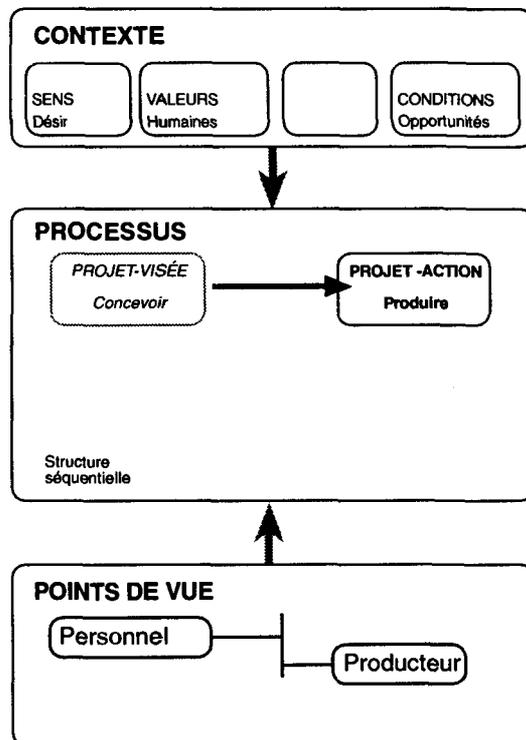
Nous ne constatons aucune différence significative entre les populations toutes catégories socioprofessionnelles confondues et celles ciblées comme étant les plus démunies.

Nous ne pouvons donc étayer aucune hypothèse concernant l'influence du milieu culturel sur la richesse des réponses fournies ou sur l'existence d'une culture sexuée sur le projet.

4.3. Quelles figures ?

Sur la base des valeurs moyennes, nous pouvons tenter de dessiner deux figures différentes de la démarche de projet pour les deux situations distinctes du projet vécu et non vécu. Nous proposons pour les trois traits choisis les principales caractéristiques qui permettent de repérer des différences.

Schéma 16. Figure de la démarche pour un projet vécu



représentations opposées suivant le type de projet

• **Sur le plan du contexte**

Le projet vécu aurait un profil moyen caractérisé dans un sens exprimé par le désir où des valeurs humaines prennent place. Ce projet est conditionné par l'opportunité et le fait que le temps n'y est pas révélé.

Le projet non vécu prendrait l'allure d'une figure caractérisée par un sens dû à la nécessité, un système de valeurs essentiellement économiques où les aspects temporel et conditionnel sont absents.

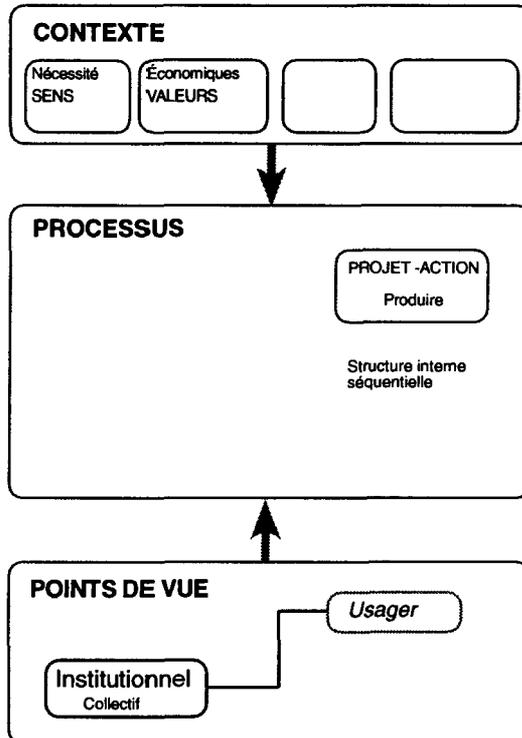
• **Sur le plan du processus**

caractéristiques limitées au projet d'action

Le projet vécu aurait ainsi l'allure d'une succession très limitée de tâches : "je réalise globalement tout".

Le projet non vécu aurait un profil majoritaire différent : "on réalise séquentiellement morceau par morceau" (le nombre de tâches correspondant au nombre de "morceaux" identifiés), "on vend".

Schéma 17. Figure de la démarche pour un projet non vécu



appropriation
plus personnelle
que collective
des situations
de projet

- **Sur le plan des points de vue**

Pour le projet vécu le regard majoritaire est celui d'un producteur réduit au rôle du réalisateur qui s'approprie le projet personnellement, pour quelques-uns cela se prolonge par "j'utilise".

Pour le projet non vécu, c'est le regard d'une institution sans hommes (pas d'individuel ni de collectif) qui est majoritairement présent. Une minorité s'oppose à cette figure et la fait disparaître au profit d'un point de vue égocentrique : "on achète, j'utilise".

Dans les deux types de projet, les représentations du processus sont centrées sur le projet-action et l'interface de négociation est entièrement gommée des deux évocations.

- **Quelques perspectives sur l'usage de ces figures**

Bien que ce travail ait été conduit sur une population limitée, il peut nous informer sur les représentations que les élèves ont avant la mise en œuvre de la technologie au collège. Certaines de ces représentations pourraient d'ailleurs constituer des obstacles dans l'apprentissage au moment de l'élaboration et de la conduite de projet en classe.

Si le projet-visée se réduit dans quelques pratiques scolaires à un certain formalisme, cette recherche montre que les représentations des élèves ne peuvent en être les causes. L'absence de la négociation et le peu de place accordé au projet-visée ne constituent pas nécessairement des obstacles à l'apprentissage, il nous est simplement signalé que sur ces points le terrain des élèves semble vierge.

Quel que soit le modèle pédagogique choisi par l'enseignant, mettre l'élève en situation de projet vécu ou le mettre en situation de projet non vécu, l'analyse des représentations nous fournit des informations utiles au bon déroulement des projets.

Nous pouvons indiquer que le contexte et les points de vue sont des caractéristiques beaucoup plus sensibles que le processus puisque leurs représentations varient beaucoup plus dans chacun des deux projets. Le contexte dans ses conditions, ses références, ses degrés d'implication et ses valeurs choisies conditionne la réussite du projet. De la même façon les points de vue adoptés lorsqu'ils sont limités réduisent la richesse que l'on pourrait tirer de la démarche de projet en technologie.

5. DES PROLONGEMENTS EN COURS (30)

5.1. Identification de quelques pratiques socio-techniques de référence

Des travaux sont conduits sur l'identification des caractéristiques du projet en milieux professionnels (analyse d'entretiens auprès de personnes ciblées quant à leur secteur d'intervention, leur statut dans l'entreprise et leur signification par rapport à la culture technologique).

5.2. Interrogation des dossiers de CAPET interne

Les résultats issus de l'enquête (31) d'après une étude portant sur 30 dossiers par année de 1988 à 1995 sont à relativiser face à ceux des élèves de Sixième. Dans une même pièce d'examen on trouve deux dossiers. L'un technique reflète au maximum la norme exigée. L'autre pédagogique représenterait ce qui s'approche le plus du projet vécu de l'élève.

5.3. Analyse des pratiques professionnelles

Les travaux des enseignants chercheurs-associés conduits depuis deux ans sur quatre terrains de recherche issus d'académies différentes et sélectionnés en raison de leur aspects représentatifs, sont porteurs pour le moment de trois stratégies.

- Un développement des attitudes de projet par imprégnation et par mimétisme des projets de l'enseignant (côté projet non vécu).
- Un développement global des attitudes de projet par immersion et par remise du pouvoir de décision au groupe-classe après acceptation et négociation des contraintes de réalité (côté projet vécu).
- Un développement ponctuel des comportements de restitution et d'anticipation et une micro analyse des situations de projet.

Alain CRINDAL
Centre National de Montlignon
LIREST - ENS de Cachan

(30) Voir à ce sujet les rapports intermédiaires de recherche INRP-CNM 1994-1995 et 1995-1996 "*Élargir le champ des possibles à propos de la démarche de projet*".

(31) Voir à ce sujet le *Rapport de stage tutoré* - A. PALMIÉRI - DEA, LIREST ENS Cachan, à paraître.

CURRICULUM RÉALISÉ : **étude de cas relatifs** **à l'enseignement de l'électrotechnique**

Bernard Calmettes
Richard Lefèvre

L'observation de séquences en Physique Appliquée (PA) et en Sciences et Techniques Industrielles (STI) au niveau des classes Terminales des sections Génie Électrotechnique nous a permis de mettre en évidence des éléments de curriculums réalisés.

Nous analysons plus particulièrement, dans le cadre de cet article :

- *des écarts entre curriculum prescrit et curriculum réalisé : d'une part, l'utilisation systématique en travaux pratiques de sujets de baccalauréat donnant à ce dernier le statut de référence interne (en STI) ; d'autre part, l'apport par l'enseignant de contenus non prescrits (en PA) ; ceux-ci semblent en partie induits par l'utilisation d'un matériel didactique spécifique ;*
- *les types de documents et de représentations utilisés en classe en parallèle avec les documents professionnels relatifs à la pratique sociale de technicien prise comme référence (en PA et en STI) ;*
- *les difficultés des élèves liées à l'intégration de savoirs issus de disciplines scolaires différentes, perpétuant les découpages de contenus effectués par les institutions.*

1. INTRODUCTION, PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE

La base empirique de notre recherche est constituée par l'observation de séquences d'enseignement de l'électrotechnique au niveau des classes Terminales des sections Génie électrotechnique.

le curriculum
prescrit
ou formel...

Deux concepts nous ont permis de préciser notre problématique, de construire la méthodologie pour l'observation et l'analyse de celle-ci : le "curriculum" et la "pratique sociale de référence".

1.1. Les concepts utilisés

• Curriculum

De nombreux auteurs ont proposé, dans le cadre de l'enseignement, des définitions pour la notion de "curriculum" lui donnant des ouvertures et des complémentarités diverses : l'évaluation (De Corte), la référence aux diplômes (Cépec), la formation des enseignants (De Landsheere).

- De Corte (1976, 1990, pp. 137/138) considère le curriculum comme un ensemble comportant les objectifs à réaliser, les moyens permettant d'examiner les situations, les directives concernant les formes du travail didactique et les médias, les contenus et les moyens permettant l'évaluation. Ce besoin d'évaluation se trouve ici au premier plan d'autant que les auteurs considèrent que le curriculum permet alors d'établir des diagnostics au niveau des besoins éducatifs, des choix et de l'organisation des contenus.

- Les chercheurs du Cépec (1992, p. 45) définissent le curriculum dans la lignée des référentiels de diplôme, comme sa suite logique en rapport avec les compétences à faire acquérir aux élèves. Il est ainsi *« l'unité de formation construite autour d'une sélection de compétences et de capacités, prises dans le projet pédagogique. Il doit intégrer les contenus scientifiques, les stratégies, les moyens. Il se donne des limites dans le temps, des échéances. »*

- G. De Landsheere (1979, p. 65) donne comme définition : *« Un curriculum est un ensemble d'actions planifiées pour susciter l'instruction : il comprend la définition des objectifs de l'enseignement, les contenus, les méthodes (y compris d'évaluation), les matériels (y compris manuels scolaires) et les dispositions relatives à la formation adéquate des enseignants. »*

Ces approches, pour riches qu'elles soient, n'intègrent pas les situations de classe sur lesquelles nous désirons porter notre attention. Nous retiendrons alors plutôt les propositions de P. Perrenoud (1993) qui distingue un *« curriculum formel/préscrit »* et un *« curriculum réel/réalisé »*.

Le curriculum *« formel/préscrit »* est la base structurante d'origine institutionnelle, il est constitué par le descriptif des programmes et des moyens, méthodes et outils permettant la construction des activités de classe. Il est *« formel »* :

- *« au sens de la sociologie des organisations, qui apporte la réalité des pratiques aux structures formelles d'une administration : organigramme, règles de fonctionnement, lignes hiérarchiques et fonctionnelles, principes de répartition des tâches, procédures de consultation ou de décision, de transmission de l'information » ;*
- *puisque le monde de textes et de représentations (lois de l'instruction publique, programmes, méthodes, etc.) qui permettent de le définir est élaboré, adopté à partir d'« un élève abstrait, cousin du sujet épistémique de Piaget : l'élève de la classe de CM1 ou de Seconde, placé en face de professeurs non moins abstraits, définis par le programme qu'ils ont la charge d'enseigner dans tel degré et tel type d'établissement ».*

Le curriculum formel apparaît comme base structurante pour les expériences formatrices en classe.

Le curriculum *« réel/réalisé »* est celui des expériences que vit l'apprenant et qui le transforment. Les écarts avec le précédent peuvent être dus, suivant P. Perrenoud, aux interpré-

...est constitué par le descriptif des programmes et des moyens, méthodes et outils

le curriculum
réel ou réalisé
est celui
des expériences
que vit
l'apprenant

tations que les enseignants en font, aux conditions matérielles et sociales de mise en œuvre dans les classes, aux connaissances antérieures des élèves, etc. C'est aussi le sens des réflexions d'E. Chatel (1994) : « *Accepter qu'à l'évidence tout programme doit s'interpréter, qu'il ne peut y avoir d'enseignement absolument conforme à un programme ou plutôt qu'un programme ne peut dicter absolument un processus d'enseignement, c'est aussi considérer qu'enseigner est une activité relationnelle et intellectuelle proprement dite suscitant en retour une relation et une activité intellectuelle d'apprentissage.* »

• **Pratique sociale de référence**

J.-L. Martinand (1981, 1986) avance l'idée de « *pratique sociale de référence* ». Cette notion née d'un travail portant sur une initiation aux activités technologiques au collège s'est révélée particulièrement féconde dans les approches curriculaires des formations professionnelles et pré-professionnelles et donc adaptée à nos travaux.

Il s'agit de mettre en relation dans les activités en classe les buts, les contenus pédagogiques et didactiques avec les situations, tâches et qualifications d'une pratique donnée qui devient la pratique sociale de référence :

- "pratique" car ce sont des activités objectives réelles de transformation d'un donné naturel ou humain, prises dans tous leurs aspects et pas seulement de savoir et de savoir-faire ;
- "sociale" car ces situations, tâches et qualifications concernent l'ensemble d'un secteur social et non des rôles individuels ;
- "référence" car la relation n'est pas d'identité, il y a seulement terme de comparaison.

analyser
les écarts entre
les activités
scolaires et
des pratiques
sociales prises
comme
référence

Choisir une pratique de référence permet notamment d'analyser et de critiquer les situations à l'école en repérant ses concordances et ses différences, ses écarts avec la pratique (en rapport avec l'industrie, par exemple), objet de l'enseignement, sachant bien que le choix de référence donné ne détermine pas entièrement les activités scolaires construites.

Il convient de poser les problèmes de la référence et parmi ceux-ci les écarts entre pratiques de référence et activités scolaires : problèmes, outils, savoirs, rôles, produits ne peuvent être identiques (Martinand, 1989). Le choix d'une pratique sociale de référence amène à privilégier, au sein des activités de classe les éléments qui lui sont essentiels ou spécifiques.

1.2. L'enseignement de l'électrotechnique en classe de Terminale

Face à la complexification des éléments de pratique de référence (le technicien supérieur) et à la nécessité d'une

culture technologique importante gage à terme d'éventuelles possibilités de mobilité sociale plus importantes, le baccalauréat technologique n'est plus aujourd'hui un diplôme à visée professionnelle directe. C'est dans une perspective de continuité inter-cycles qu'il convient de penser la formation des techniciens.

Une étude récente (Calmettes, 1996) a permis de caractériser l'enseignement de l'électrotechnique en classe de Terminale et de préciser les rôles des disciplines scolaires.

L'enseignement en Terminale ne met pas les élèves en relation directe avec le monde de l'entreprise. Le contact avec les objets constitutifs de l'électrotechnique n'est assuré que *via* des maquettes, des machines de puissances limitées, des "systèmes", réductions voulues homothétiques d'ensembles techniques industriels mais présentant évidemment, sous contrainte d'enseignement, des écarts avec leurs homologues industriels : espaces scolaires réduits, coûts, transportabilité, adaptations aux alimentations électriques classiques, possibilités de démontages et remontages aisés, recherches de facilités dans la lecture de l'objet, aspects sécuritaires spécifiques, etc.

L'enseignement de l'électrotechnique est assuré aujourd'hui *via* deux disciplines, la Physique Appliquée (PA) et les Sciences et Techniques Industrielles (STI).

l'enseignement de l'électrotechnique comprend deux disciplines, la Physique Appliquée et les Sciences et Techniques Industrielles

La Physique Appliquée accède aux objets techniques par la conception de modèles de fonctions simples, utilisant des outils matériels et conceptuels de la physique ; les Sciences et Techniques Industrielles abordent des ensembles techniques par une analyse descendante, aboutissant à des structures fonctionnelles qui restent compliquées. Ce constat correspond à une dichotomie certaine entre les deux disciplines, à une différenciation en termes de contenus et de méthodes de travail mais aussi à une certaine complémentarité.

1.3. Problématique et éléments de méthodologie

En relation avec les concepts choisis et en suivant E. Chatel et P. Perrenoud (pour ce qui est du curriculum) et J.-L. Martinand (pour ce qui est de la pratique sociale de référence), nous avons orienté notre méthodologie de recherche afin de répondre aux questions suivantes.

- Quels écarts entre curriculums prescrits et réalisés peuvent être mis en évidence ? Comment les analyser ?

La multiplicité des termes constitutifs des curriculums prescrits et la nécessité de trouver des termes semblables dans les curriculums réalisés ont conduit à limiter notre champ d'observation sur ce point.

Nous nous sommes intéressés aux contenus d'enseignement en jeu, en comparant les savoirs décrits dans les programmes et les savoirs effectivement institutionnalisés dans les séquences observées : choix des documents de travail,

traces écrites, explications de l'enseignant, échanges entre l'enseignant et les élèves ou entre élèves.

- Quels écarts entre composantes de pratique sociale de référence et activités scolaires peut-on mettre en évidence ? Comment les analyser ?

Comme dans le cas des curriculums, il s'agit de trouver dans les pratiques de référence et dans les observations, des éléments de comparaison homogènes. Nous avons porté notre attention sur une partie des documents utilisés par les enseignants et les élèves.

- Que peut apporter la notion de "curriculum réalisé" en dehors des termes de comparaison avec le "curriculum prescrit" ?

Il peut paraître trivial d'annoncer qu'il se passe dans les classes des événements non inscrits dans les curriculums prescrits. C'est sur un de ces événements, en relation avec la structuration de l'enseignement de l'électrotechnique par deux disciplines distinctes, que nous avons porté notre attention.

1.4. Les conditions de réalisation des observations

Nous avons mené les observations de séquences avec des élèves d'une même classe (1) de Terminale Génie Électrotechnique d'un lycée d'enseignement général et technologique de la région Midi-Pyrénées, durant les mois d'avril et de mai 1995.

Les deux professeurs concernés par l'observation sont expérimentés.

L'enseignant de Physique Appliquée, ancien certifié de Sciences Physiques, est maintenant professeur agrégé de Physique Appliquée, conseiller pédagogique pour la formation de professeurs-stagiaires (PLC2 en Physique Appliquée). Il enseigne en classe de Terminale et dans une section de technicien supérieur en maintenance depuis une dizaine d'années.

L'enseignant de Sciences et Techniques Industrielles est professeur certifié en Génie Électrique (option électrotechnique). Il a suivi la préparation au concours et une formation professionnelle à l'École Nationale Supérieure de l'Enseignement Technique à Cachan. Il enseigne depuis une quinzaine d'années, actuellement en classe de Terminale et dans une section de technicien supérieur en électrotechnique.

L'observation des séquences de classe a reposé sur un total accord avec les enseignants. Une entrevue avec chacun

nous avons
observé une
même classe...

(1) L'observation des séquences avec des élèves d'une même classe nous permet de montrer d'éventuelles différences d'attitudes en fonction, par exemple, du champ disciplinaire dans lequel ces élèves se trouvent placés.

d'entre eux, antérieurement aux observations, nous a permis :

- d'expliquer l'objectif de notre recherche, mais de façon seulement succincte, car nous ne voulions pas voir de dérives dans les pratiques par rapport à ce que les enseignants font d'habitude dans leurs classes. Nous avons simplement indiqué qu'il s'agissait d'une étude comparative sur les séquences de classe en Physique Appliquée et en Sciences et Techniques Industrielles : organisation générale des activités, matériels utilisés, difficultés des élèves ;
- de recueillir les fiches de préparation en travaux pratiques et de placer les séquences observées dans une progression. Nous avons pu ainsi cadrer de façon plus précise le thème de notre étude, en particulier en Sciences et Techniques Industrielles où le système des "TP tournants" rendait impossible avec les moyens d'observation que nous avions choisis de mettre en place un véritable suivi de tous les sous-groupes d'élèves.

En Sciences et Techniques Industrielles, nous nous sommes intéressés à :

... 10 heures
en sciences et
techniques
industrielles...

- une séquence d'étude des systèmes techniques industriels (ESTI) ; nous avons particulièrement suivi les groupes d'élèves travaillant sur les sujets "dépannage transgerbeur" et "motorisation" ;
- une séquence en automatisme et informatique industrielle ;
- une séquence de cours en relation avec les systèmes techniques industriels ;

soit au total dix heures d'observation.

... 12 heures
en physique
appliquée

En Physique Appliquée, nous avons suivi deux séances de mesures physiques, avec les deux demi-groupes de la classe, soit douze heures d'observation.

Pendant le recueil des données, nous avons essayé de limiter au minimum les éventuelles perturbations. Aucune intervention dans la préparation des séances et dans leur déroulement n'a eu lieu.

Les supports suivants ont été utilisés :

- enregistrements sonores des interventions magistrales de l'enseignant (rares en séances par groupe) et des remarques faites par les élèves dans les petits groupes ;
- photographies des matériels et des traces écrites par l'enseignant au tableau ;
- recueils de comptes rendus d'élèves et des documents utilisés pendant les séquences ;
- prise de notes en temps réel, par le chercheur, de toute information jugée pertinente vis-à-vis de la problématique de la recherche.

2. DES ÉCARTS ENTRE CURRICULUM PRESCRIT ET CURRICULUM RÉALISÉ

2.1. En Physique Appliquée, à propos de la stabilité et de l'instabilité du moteur asynchrone

La caractéristique électromécanique, dite aussi "de couple", d'un moteur asynchrone (MAS) alimenté sous tension nominale peut être décrite de façon typique par le tracé suivant (fig. 1) : $T_{em} = f(n)$.

T_{em} ou T : moment du couple électromagnétique
 T_N : moment du couple nominal
 T_M : valeur maximale du moment du couple
 T_d : valeur du couple au démarrage.
 T_m : valeur du couple minimale (zone non utile)

 n : fréquence de rotation
 n_s : fréquence de rotation au synchronisme
 n_N : fréquence de rotation nominale

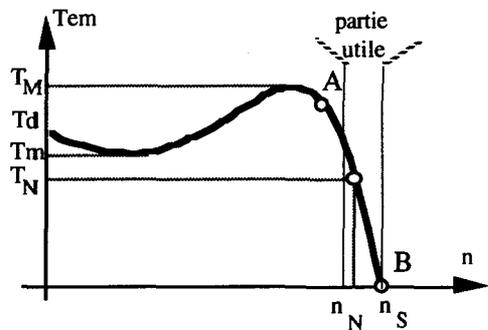


Figure 1. Caractéristique de couple d'un MAS

La partie de la caractéristique correspondant à des utilisations de la machine doit obéir à certaines contraintes :

- pertes énergétiques faibles : en première approximation, on peut considérer que cela correspond à un choix de fréquence de rotation voisine de n_s ;
- stabilité dynamique : une augmentation accidentelle du couple résistant au niveau de la charge doit être accompagnée automatiquement, de par la nature physique de la machine, de la diminution de la fréquence de rotation de l'ensemble (fonctionnement stable) ; ceci correspond à la partie AB de la courbe ;
- existence d'une zone sécuritaire : le fabricant précise que le couple utilisé doit être inférieur à $0,8 T_M$ par exemple.

Les couples utiles sont alors généralement inférieurs ou égaux au couple nominal. Il leur correspond une partie utile pour la caractéristique pratiquement linéaire.

Dans le programme de Physique Appliquée, il est précisé à propos des caractéristiques du moteur asynchrone (2) :

• *Étude simplifiée du fonctionnement d'un moteur asynchrone triphasé lorsque la fréquence de sa tension d'alimentation est constante : caractéristiques, démarrage [...]*

- (2) C'est nous qui marquons en caractères gras la limitation de l'étude à la partie utile de la caractéristique de couple. C'est en effet à ce niveau que vont se situer les écarts entre curriculum prescrit et curriculum réalisé.

le programme prescrit l'étude de la partie utile de la caractéristique

Connaissances scientifiques : Caractéristiques $I(n)$ et $T(n)$
dans la partie utile [...]

Savoir-faire expérimentaux : - **Relever la partie utile de la caractéristique $T(n)$.** »

L'enseignant de PA aborde ce point lors de la séance de mesures physiques que nous avons observée. Il utilise pour cela un banc d'essais et de mesures avec dispositif d'acquisition de données automatisé et traitement informatisé pour l'étude des machines tournantes fournissant la caractéristique électromécanique complète (cf. fig. 1).

Les écarts entre curriculums réalisé et prescrit sont particulièrement importants dans l'exploitation de la caractéristique de couple du MAS, notamment lorsque l'enseignant aborde l'étude des différentes zones de la caractéristique qu'il détaille, de façon très pointue :

Professeur (P) : « On a donc deux zones par rapport à T_M . À droite, c'est stable ; à gauche, c'est le fonctionnement instable [...] On dit que l'on a une zone instable. C'est la première fois que l'on voit ça. C'est remarquable ! »

le professeur étudie en détail l'ensemble de la caractéristique

... insistant même pour montrer la zone de stabilité dans laquelle T_m décroît à n très faible (pour une valeur de couple comprise entre T_d et T_m) :

P : « [...] il y a une petite partie où l'on a encore un comportement stable : c'est ici [...] Ça ne sert à rien, mais je vais le faire... Mais j'aime pas ça !... »

... Et il entreprend de démarrer le moteur dans des conditions permettant de mettre en évidence la stabilité de fonctionnement de la machine dans cette zone. Les élèves semblent intéressés et participent oralement à la préparation de l'expérience.

P : « C'est juste pour vous montrer qu'une caractéristique descendante correspond à une zone de stabilité. »

La démonstration est reprise un peu plus tard, lors de la visite dans sa classe d'un des professeurs-stagiaires de l'IUFM que l'enseignant conseille.

Quelques hypothèses... et de nouvelles questions !

Il ne peut être question dans cet article d'interpréter de manière définitive ces observations, le phénomène de ces écarts entre curriculums prescrit et réalisé qui ne relève pas d'une simple transposition savoir à enseigner/savoir enseigné peut s'avérer extrêmement complexe et nécessite sans aucun doute des études plus poussées.

Nous pouvons toutefois envisager diverses raisons permettant d'appréhender l'attitude de l'enseignant.

- Les phénomènes que le professeur a abordés (instabilité et stabilité) sont particulièrement exploitables grâce au dispositif du banc d'essai automatisé. Un des créateurs de ce matériel précise même (Calmettes, 1996) que cette possibilité avait été particulièrement étudiée lors de la conception de l'engin...

le professeur exploite au maximum le dispositif expérimental dont il dispose

- Entre "exploitable" et "exploité", il y a une différence allègrement gommée par l'enseignant qui choisit volontairement de parler, avec beaucoup de développements, de la présence de ces zones...

Quelle conception du "savoir à enseigner" a donc l'enseignant ? Quelle part de création y a-t-il dans le savoir enseigné ?

- Jusqu'en 1992, le programme de PA était plus fourni sur le thème du MAS et en particulier la distinction zone stable/zone instable était citée... Quelles relations entre le "temps des réformes" et le "temps des mises en œuvre" ? Quelle inertie pour un système de formation ?

2.2. En Sciences et Techniques Industrielles : rôle des sujets de baccalauréat

En étude de systèmes techniques industriels, l'enseignant utilise systématiquement des fiches de travail constituées par, ou construites à partir, des sujets de baccalauréat des années précédentes. Elles sont composées d'une partie "théorique" à laquelle les élèves doivent normalement répondre en deux heures et d'une partie "pratique" prévue pour deux heures de travail également. Les deux parties ne sont pas systématiquement en relation du point de vue de leurs contenus. Les élèves disposent, afin de répondre aux questions posées, de dossiers que les enseignants de STI de l'établissement ont composés pour chacun des systèmes étudiés à partir de documents techniques et des éléments théoriques correspondants.

L'utilisation systématique de sujets de baccalauréat en guise de fiches de travaux pratiques en ESTI amène quelques remarques.

• Quelle évaluation ?

Pour le dispositif d'évaluation dans l'enseignement, quel est le statut de l'épreuve du baccalauréat ?

- Est-ce une répétition de quelque chose qui a déjà été fait ? Dans ce cas, les séquences observées ressemblent fort à un entraînement à cadence forcée, voire à du bachotage.

- Correspond-elle à une évaluation de savoirs et de compétences transposables dans une problématique nouvelle ? Dans ce cas, on peut s'interroger sur l'intérêt des séquences du type de celle observée.

Le problème peut provenir du fait que, lors de la mise en place des programmes actuels, les enseignants étaient déstabilisés par de nouvelles approches (programmes "révolutionnaires" (3) de 1989 puis de 1992). P. Pelpel et

(3) Ces programmes présentent le caractère de "révolution" au sens de Kuhn. Ils bouleversent les idées jusque-là mises en valeur avec notamment la disparition des activités de conception par assemblage de composants au profit de l'observation d'ensembles complets par analyse descendante fonctionnelle.

V. Troger (1993, p. 312) soulignent que ces enseignements caractérisés par un vocabulaire et des orientations pédagogiques nouvelles ont désorienté les enseignants. L'accrochage de leurs activités aux sujets de baccalauréat constituait alors une sorte de point d'appui présentant un certain caractère de sécurité. Ils retrouvaient également de cette façon les habitudes des séquences de "mesures et d'essais" qui procédaient de la même façon.

L'utilisation des fiches de baccalauréat en tant que fiches de travaux pratiques n'avait, semble-t-il pas été pensée ni même envisagée lors de la construction des programmes, l'évaluation ayant été prévue par un contrôle continu en cours d'année scolaire (Calmettes, 1996). Comme le souligne l'un des concepteurs des programmes, *« Il faut savoir sur ce point que lorsque les programmes ont été faits, on pensait que l'examen des "études de systèmes" se ferait sous forme de contrôle continu, en cours de formation. En fait, ceci n'a pas pu se faire ; les enseignants, les syndicats, etc. n'étaient pas prêts. Cela a dans un premier temps, et encore on le perçoit, impliqué des difficultés d'organisation en matériels (nombre de sujets importants : de 25 à 30) et en temps car on ne pouvait passer que 5 élèves par jour. L'évaluation est difficile... Et il faut reconnaître aussi, et c'est une dérive et un sujet de préoccupation et de discussion ; que maintenant, on a de plus en plus dans les établissements une sorte de "bachotage" qui a été instauré, les élèves travaillant sur des sujets de bac des années précédentes. La multiplication, année après année, des sujets d'examen n'a pas changé ce processus... »*

les sujets de baccalauréat sont pris comme référence pour construire les activités des élèves

- **Par rapport aux pratiques sociales de référence...**

Faisons l'hypothèse que le désir, chez les enseignants, d'utiliser les sujets de baccalauréat comme fiches de travail pour les séquences de travaux pratiques correspond à leur volonté de choisir la référence de leurs pratiques à l'intérieur de l'institution, dans les dispositifs d'évaluation. Le baccalauréat devient alors effectivement la référence des activités en classe.

Compte tenu des écarts déjà observés (cf. § 1.2) entre les contenus enseignés, les engins utilisés en classe et les éléments correspondant éventuellement dans les pratiques de référence, il semble que la construction des séquences de classe sur les dispositifs d'évaluation constitue une dérive importante par rapport à la pratique sociale de référence du technicien.

- **Contre le curriculum prescrit : le baccalauréat comme référence interne ?**

L'utilisation des sujets de baccalauréat comme base des activités en classe pose donc la question de son statut. Elle ajoute à sa définition en tant que moyen d'évaluation son institutionnalisation comme moyen d'enseignement. Le bac-

calauréat devient alors un élément de curriculum formel/préscrit, créé par une institution différente de celle qui conçoit les programmes.

3. DES ÉCARTS ENTRE ÉLÉMENTS DE PRATIQUE DE RÉFÉRENCE ET SITUATIONS DE CLASSE

3.1. En Physique Appliquée

Il s'agit de comparer des documents issus du monde de l'industrie utilisés dans les pratiques de référence (technicien) : un catalogue technique (moteurs) et une documentation sur un variateur, à ceux de l'enseignement : notices et catalogues concernant des matériels "pédagogiques" relatifs à l'enseignement des machines électriques (voir Annexe).

Nous avons choisi de traiter cette analyse en nous intéressant plus particulièrement à trois de leurs aspects :

- leurs objectifs généraux ;
- la manière dont les informations sont données ;
- les types d'écrit à travers lesquels les informations sont transmises.

• Les documentations techniques "classiques"

Dans les deux documents étudiés, une constante apparaît, bien qu'ils ne soient pas conçus pour les mêmes objets et pour la même utilisation : l'extrême variété des formes de l'information apportée.

*** Le cas du catalogue technique (moteurs)**

L'objectif de ce document peut être défini autour d'un mot-clé : choix. Il faut permettre aux concepteurs d'ensembles techniques auxquels il s'adresse, en proposant des machines variées, caractérisées, de se prononcer pour un matériel en fonction d'un cahier des charges répondant à un besoin exprimé par ailleurs. L'objectif pour l'utilisateur est de trouver le matériel répondant le mieux à la demande faite. L'ensemble des données est présenté de manière normative ou descriptive.

Les contraintes, à prendre en compte dans ce choix, qui sont abordées dans la documentation sont l'environnement, les caractéristiques matérielles et mécaniques de la machine (formes, dimensions, peinture, type de roulements, etc.) et ses caractéristiques en fonctionnement (mécanique et électrique). On repère en particulier la place initiale laissée à l'étude environnementale ; c'est elle qui prévaut dans la recherche d'un matériel. Des informations concernant la maintenance sont présentes également.

Les données sont présentées sous de nombreuses formes différentes :

donner des informations sur les machines variées, pour permettre un choix

- des formulaires généraux d'électricité et d'électrotechnique présentés sous forme de tableaux ;
- des textes relatifs à la normalisation que l'on peut mettre en relation avec les indices de protection et les limites d'utilisation des machines, les problèmes de sécurité ;
- des schémas et dessins (notamment le bornier et la plaque d'identification) ;
- des courbes correspondant à des caractéristiques électriques ou mécaniques et devant servir, par référence à un type de machine donné, à préciser son comportement en cas de surcouplage et à préciser des informations telles que le courant au démarrage, le couple maximum, le couple accélérateur, etc. ;
- des courbes empiriques et des tableaux à partir desquels des renseignements peuvent être obtenus pour résoudre un problème posé (temps de démarrage, temps rotor bloqué admissible), des exemples de calculs ;
- des tableaux généraux comparatifs des caractéristiques des différentes machines ;
- des schémas de branchements électriques avec en correspondance les caractéristiques mécaniques et électriques obtenues (nécessaires pour déterminer les modes de démarrage).

*** Le cas de la documentation sur le variateur**

Deux mots-clés permettent d'appréhender les objectifs de ce document : mise en service, entretien.

des informations
pour la mise
en service et
l'entretien

- Dans un cadre d'installation (l'objet est vendu), il s'agit d'aider à la mise en place du matériel et de permettre de le paramétrer en fonction des contraintes de son environnement.

- Dans un cadre de maintenance, il est nécessaire d'entretenir le matériel, de reconnaître et au besoin de modifier ou de changer les composants, les programmes, les modes de branchements, etc.

Le document présente les renseignements de manière descriptive (description générale, caractéristiques) mais également prescriptive (conseils d'utilisation et surtout programmation, contrôle, dépannage).

Les informations sont données sous les formes suivantes :

- des textes (principe général, description de modes opératoires, sécurité, garantie, etc.) ;
- des relations d'électricité et d'électrotechnique, des exemples de calcul ;
- des dessins de l'objet ou de certaines parties de l'objet réel (bornier, clavier, composants de réglages) ;
- une représentation fonctionnelle globale servant de schéma, support pour l'explication du principe général de fonctionnement ;
- des courbes empiriques à partir desquelles peuvent être déterminées des valeurs de facteurs intervenant dans une relation (facteur de forme) ;

- des schémas électriques avec des représentations unifilaires (schéma de principe) ou trifilaires (pour présenter des dispositions de mesurage) ;
- des chronogrammes ;
- des courbes théoriques relatives aux paramétrages de l'appareil (courbes $V(f)$) ;
- des tableaux relatifs aux pannes (indices et messages de défaut, raison du défaut, contrôle, solution) ;
- des algorigrammes devant permettre la localisation des pannes.

L'aspect sécuritaire et les modes opératoires pour les mesures et les différents tests y sont longuement développés.

• **Les documentations à destination des enseignants**

Les documents peuvent, *a priori*, être distingués en trois catégories. À leur lecture, on peut dégager différents mots-clés permettant d'appréhender leur sens :

- la notice technique : connaissance du matériel ;
- la notice didactique : utilisation du banc en classe et résultats possibles ;
- le catalogue général technique : choix de matériel.

Les renseignements sont présentés de manière descriptive (principe, matériel), prescriptive (utilisations des modules, des freins, du variateur, du logiciel, branchements à effectuer, etc.) et en termes de possible donc propositionnelle (fiches d'expérimentation).

Les informations sont présentées sous les formes suivantes :

- textes (description) ;
- tableaux (résultats d'essais, spécifications techniques) ;
- dessins (borniers, machines, ensembles matériels, dessins cotés des matériels, branchements électriques des différentes parties de l'ensemble entre elles) ;
- schémas électriques (branchements du moteur) ;
- caractéristiques des machines (courbes) ;
- schémas de principe (mesures de couples) ;
- relations électriques ou mécaniques et exemples de calcul ;
- oscillogrammes ;
- courbes théoriques relatives aux paramétrages de l'onduleur (courbes $V(f)$) ;
- copies d'écran ;
- algorigrammes (synoptique d'utilisation du logiciel).

• **Synthèse**

Les différents aspects que nous venons de développer sont résumés dans le tableau suivant.

des informations
techniques
et didactiques

	Document technique "moteur"	Document technique "variateur"	Documentation banc Leroy-Somer
Destinataire	Concepteur	Technicien	Enseignant
Objectif général	Choix de matériel	Mise en service Maintenance, réglages	Utilisation en classe : Tracés et utilisations de caractéristiques
Type d'écrit	Descriptif, normatif	Descriptif, prescriptif	Descriptif, prescriptif, propositionnel
Formes des écrits	Textes, tableaux, dessins, schémas électriques, schémas de principe, exemples de calculs, caractéristiques électriques et mécaniques (grandeurs)		
	Formulaires généraux d'électricité et d'électrotechnique Courbes empiriques (coefficients) Problèmes de sécurité		
	Textes relatifs aux normalisations	Représentations fonctionnelle et "unifilaire"	Copies d'écran Oscillogrammes
Quelques contenus	Caractérisation de grandeurs spécifiques (couples d'accrochage, de décrochage, d'accélération, puissance exigée)	Chronogrammes Algorigrammes (prescriptions) Courbes V(f) relatives à une programmation du variateur	
	Variétés de caractéristiques mécaniques couple (vitesse) de machines avec repérages des grandeurs spécifiques		Une caractéristique couple (vitesse) par machine Exemples d'exploitation en classe

3.2. En Sciences et Techniques Industrielles

La séquence de cours sur les systèmes techniques industriels que nous avons observée est relative à l'étude d'un variateur de vitesse associé à une machine et à une charge. Nous avons relevé les différentes représentations associées à l'engin. Elles sont nombreuses et variées. Ce sont, dans l'ordre chronologique de leur utilisation.

- Des schémas et graphiques mettant en évidence les échanges d'énergie mécanique et électromagnétique et leurs conséquences en termes de signes pour les grandeurs

couple (noté ici C), vitesse (V), courant (I) et tension (U) :
présentation du principe général en fig. 2.

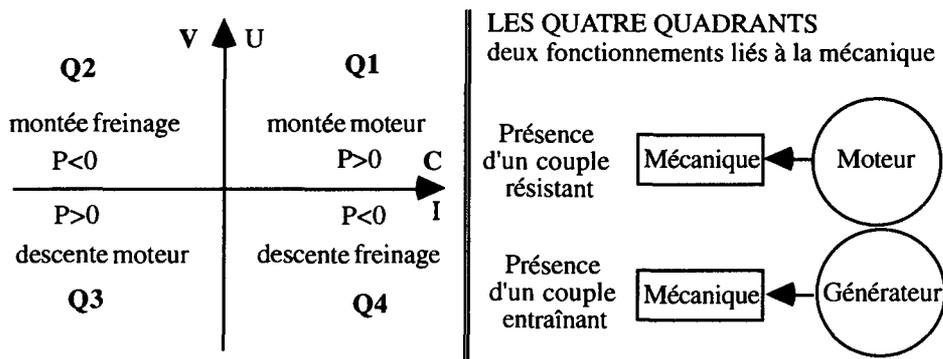


Figure 2. Approches énergétiques de l'ensemble motovariateur

des représentations variées du système technique

- Des chronogrammes vitesse (temps) et couple (temps) de principe puis réels sont mis en correspondance. L'enseignant y repère les différents modes de fonctionnement dans les différents intervalles de temps.
- Le schéma synoptique de la carte du variateur de vitesse.
- Le schéma blocs de la carte variateur remplaçant la carte variateur dans un environnement comprenant en particulier le moteur et sa charge, le capteur de vitesse (fig. 3).

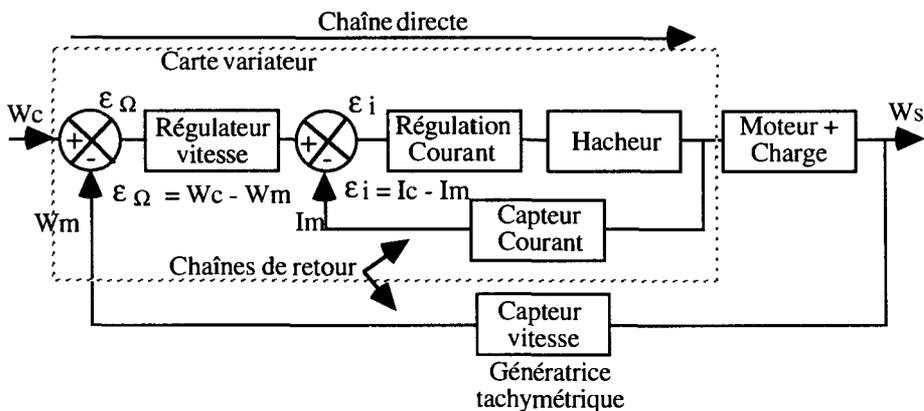


Figure 3. Schéma blocs de la carte variateur

- Un schéma électrique présentant le principe de fonctionnement des hacheurs en pont (structure du variateur 4 quadrants ; cas de la carte Parvex de la société Alsthom).
- Les chronogrammes montrant les formes d'ondes du courant et de la tension dans les fonctionnements suivant les 4 quadrants, les moments de conduction des diodes et des transistors sont repérés.

- Les schémas de structure du variateur sont complétés par les parcours du courant pendant les phases actives et pendant les phases de récupération pour les fonctionnements dans chaque quadrant.

- Le diagramme structurel d'un second variateur (Infranor).

On peut mettre en évidence simultanément :

- la progression choisie par l'enseignant,
- l'objectif général visé dans chacune des phases,
- les types de représentations adoptées.

PHASES	OBJECTIF GÉNÉRAL	REPRÉSENTATION POUR RÉSOLUTION
Présentation	Quel est le problème ?	Diagrammes dans le plan $\{(U,V), (C,I)\}$
Applications	Comment se traduit-il dans les faits ?	Chronogrammes (vitesse, couple) = $f(t)$
Réalisations	Quel est l'engin permettant de résoudre le problème posé ?	Schéma synoptique associant fonction et composant
		Schéma par blocs fonctionnels et relations entre fonctions formalisées
Explications	Comment peut-on comprendre son fonctionnement ?	Schéma électrique de principe (structure matérielle)
		Chronogrammes (courant, tension) = $f(t)$
		Compléments d'informations sur le schéma électrique de principe

L'explication, la compréhension de l'objet technique semblent favorisées par une étude faite à partir des composants mis en situation dans des schémas électriques simplifiés et par la traduction, ici par des chronogrammes, des lois de la physique. Cette partie est généralement gérée dans le cadre de la Physique Appliquée. Comme le hacheur 4 quadrants n'est pas au programme en PA, ce sont les enseignants de STI qui le traitent, avec les mêmes outils que les physiciens d'habitude.

La représentation de la réalisation de l'objet matériel est faite essentiellement par les fonctions.

Au-delà des représentations typiques que l'on peut trouver dans les documentations techniques de la pratique sociale de référence (technicien supérieur), c'est le cas du synoptique et du circuit électrique, apparaissent des représentations à visée explicative des fonctionnements du variateur, par exemple, les schémas électriques avec le parcours du courant, les chronogrammes (courant, tension) = $f(t)$.

les documents utilisés ne sont pas seulement ceux des pratiques de référence

Les représentations utilisées dans le cadre de l'enseignement en STI sont donc, dans le cas visé, celles utilisées dans le cadre des pratiques de référence auxquelles sont ajoutées d'autres représentations qui ont pour objectif d'aider à la compréhension du fonctionnement de l'engin.

4. LES ÉLÈVES FACE À L'INTÉGRATION DE SAVOIRS MULTIDISCIPLINAIRES

Les extraits d'observation suivants laissent penser que les élèves considèrent qu'il existe des cloisonnements entre les diverses disciplines qui leur sont proposées.

Dépannage transgerbeur : 14 h 25 min : recherche sur la partie "théorique".

Les élèves sont mécontents :

- « Cette partie n'a aucun rapport avec la manip' »
- « C'est de la physique ! »

Motorisation : 14 h 35 min : recherche des relations permettant de répondre à une des questions.

Les élèves protestent devant l'enseignant :

- « C'est de la méca ! »

Motorisation : 15 h 05 min :

- « Dans la phase 1, la vitesse est constante ? »

Professeur : « Non ! Relie V à Ω ... Regarde la relation qu'on te donne... »

- « C'est des math ! »

Motorisation : 15 h 20 min :

- « Pfff ! Comment calculer I_c ? »

...

- « Ce doit être de la physique ! »

- « On n'y arrivera pas ! »

Motorisation : 17 h 20 min :

- « On fait des math, de la physique, de la méca, mais on ne manipule pas ! »

Comment interpréter ces cloisonnements ? Nous formulons quelques hypothèses.

- Il apparaît effectivement justifié de concevoir les ensembles techniques comme une rencontre intégrative de plusieurs points de vue qui s'enrichissent mutuellement.

La lecture de la fiche "Motorisation" est en cela très caractéristique :

« Utilisation de la relation fondamentale de la dynamique [...]

Calculer le couple C_m [...]

Déterminer le courant I_c

Le moteur convient-il ? Justifier. »

- Des frontières sont tracées sur le système par les élèves qui ont caricaturé les structures disciplinaires et surtout n'ont pas créé les possibles liaisons interdisciplinaires, refu-

les élèves
cloisonnent
les disciplines

sant implicitement de sortir des représentations qu'ils ont acquises : en "physique", on pose des équations en rapport avec des phénomènes électromagnétiques et on trace des courbes (4), en "mécanique", les équations sont en relation avec le mouvement, les "mathématiques" permettent de résoudre des équations et de faire des calculs et en "étude des systèmes techniques industriels", on fait des mesures, des essais... et, "on ne doit pas faire autre chose" pourrait être leur devise !

L'institution ne favorise peut-être pas une quelconque mise en relation des contenus disciplinaires : nous avons relevé la dichotomie entre les finalités, les contenus et les méthodes des disciplines PA et STI (cf. § 1.2).

- Un autre fait mérite d'être relevé : les élèves qui n'ont pas su traiter la question relative à la détermination d'un courant en "étude des systèmes" (Ic) auraient su le faire en PA ; l'enseignant de PA que nous avons interpellé sur ce sujet nous l'a confirmé. La relation à utiliser est tout à fait commune. Son application ne pose *a priori* pas de difficultés.

Il semble en fait qu'il y ait une certaine variabilité intra-individuelle qui ferait que des choses "identiques" n'apparaissent pas toujours de la même façon, que la représentation que les individus en font change suivant les situations dans lesquelles ils se trouvent placés. Ce serait un effet de contexte ; les contraintes, les ressources, les buts, les lieux agiraient et modifieraient les significations que les individus donnent à ce qu'ils observent et à ce qu'ils font ou doivent faire.

il y a un effet
de contexte

Quelles relations entre Physique Appliquée et Sciences et Techniques Industrielles ?

Nous sommes alors en droit de poser le problème des relations entre les différentes disciplines. Si la distinction forte existant institutionnellement entre les curriculums prescrits des deux disciplines peut être modulée, au vu de certains éléments de curriculums réalisés (cf. ci-dessus l'utilisation de relations de physique dans les deux sujets que nous avons étudiés (5)), il reste à concevoir de façon peut-être différente les interactions disciplinaires : les réflexions sur les contenus, mais aussi sur les rapports entre enseignants, sur leurs formations, et les recherches sur les effets de contexte restent à faire...

(4) Un élève précise même lors de la séquence de Physique Appliquée : « Je préfère quand, en physique, on fait des courbes sur du papier millimétré. »

(5) La Physique Appliquée prendrait alors dans ce cas le statut de "discipline de service".

CONCLUSION

L'observation et l'analyse de séquences de classe en Physique Appliquée et en Sciences et Techniques Industrielles nous ont permis de mettre en évidence différentes pratiques de la part des enseignants amenant des écarts entre curriculums prescrits et curriculums réalisés et des écarts entre les activités en classe et les pratiques de référence, certains d'entre eux correspondant à des dérives importantes.

- En Physique Appliquée, l'enseignant s'attache à montrer un phénomène non inscrit dans les contenus institutionnels : la présence d'une zone de stabilité dans la caractéristique du moteur asynchrone, non utilisée industriellement car correspondant à un échauffement extrêmement important de la machine et donc à un rendement désastreux.

- En Sciences et Techniques Industrielles, l'utilisation systématique, dans le cadre des travaux pratiques d'étude des systèmes, de sujets de baccalauréat pose également problème.

Nous avons relevé la multiplicité des représentations utilisées dans les deux disciplines PA et STI. En STI, elles sont généralement issues du monde industriel et ont pour objectif la validation, la lecture des systèmes techniques : schéma synoptique, schéma fonctionnel, chronogrammes (vitesse, couple) notamment. Ce sont des représentations figurales ou formalisées (6), outils pour l'action : valider, contrôler, maintenir en état. Toutefois, dans la mesure où des connaissances relatives à la compréhension des objets et à l'explication de leurs comportements doivent également être apportées et dans le cas où la Physique Appliquée ne les aborde pas, d'autres types de représentations, plus spécifiques des dispositifs de formation, sont utilisés. C'est le cas des schémas électriques simplifiés sur lesquels sont portées des indications sur le sens du courant dans différents cas et des chronogrammes. Ce sont des représentations à opérationnalité différée.

Nous avons enfin mis en évidence le cloisonnement des disciplines qui apparaît dans les attitudes des élèves, "refusant" de prime abord de traiter dans une discipline des questions qui relèvent, selon eux, d'une autre discipline scolaire.

Bernard CALMETTES
IUFM de Toulouse
LEMME Université Paul Sabatier
Toulouse

Richard LEFÈVRE
LEMME Université Paul Sabatier
Toulouse

(6) Le code figural renvoie le plus souvent à un contenu spatialisé mais nécessitant une interprétation. Le code formel correspond à des constructions figuratives établies à partir d'énoncés propositionnels ou à des énoncés formels construits par abstraction de représentations analogiques (J. Lambert (1994)).

ÉLÉMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

CALMETTES, B. (1996). *Contribution à l'étude des curriculums. Le cas de l'enseignement de l'électrotechnique dans les classes du second degré des Lycées d'Enseignement Général et Technologique*. Thèse. Toulouse : Université Paul Sabatier, LEMME.

Cépec sous la direction de GILLET, P. (1991). *Construire la formation*. Paris : ESF éditeur.

CHATEL, E. (1994). "Constructions à tout faire : les programmes de sciences économiques et sociales" in collectif coordonné par Demonque, C. et Larue, R.. *Qu'est-ce qu'un programme d'enseignement ?* Paris : Hachette éducation et CNDP, pp. 50/66.

DE CORTE, E. *et al.* (1979, 2ème éd. française 1990). *Les fondements de l'action didactique*. Bruxelles : De Boeck-Wesmael s.a. Traduction française par Van Cutsem, V. Paris : Éditions Universitaires.

DE LANDSHEERE, G. (1979). *Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation*. Paris : PUF.

MARTINAND, J.-L. (1981). "Pratiques sociales de référence et compétences techniques" in *Actes des 3ème JIES*. Chamonix : A. Giordan et J.-L. Martinand éditeurs.

MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

MARTINAND, J.-L. (1989a). "Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques" in *Les Sciences de l'Éducation* n°2/1989, pp. 23/29.

Ministère de l'Éducation Nationale (1992). "Programmes des enseignements des classes de première et terminale des lycées, conduisant au baccalauréat technologique de la série : Sciences et technologies industrielles (STI). Organisation et horaires des enseignements dans les classes de première et terminale des lycées, sanctionnés par le baccalauréat technologique, série : Sciences et technologies industrielles (STI)". *BOEN* n° 32, pp. 2226/2235.

Ministère de l'Éducation Nationale (1992). "Objectifs du baccalauréat technologique série "Sciences et technologies industrielles" (STI). Programmes d'enseignement". *BOEN Hors-série du 24 septembre 1992*, pp. 91/101, 299/383.

PELPEL, P. ; TROGER, V. (1993). *Histoire de l'enseignement technique*. Paris : Hachette Éducation.

PERRENOUD, P. (1990). "Curriculum : le formel, le réel, le caché" in collectif sous la direction de Houssaye, J. *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris : ESF éditeur, pp. 61/76.

ANNEXE : NOTICES ET CATALOGUES CONCERNANT LES MACHINES ÉLECTRIQUES

- **Matériels destinés aux industriels**

- LS FMV 1003 (1989). Moteur asynchrone à modulation de vitesse conversationnel. Notice de mise en service et entretien.
- LS (1992). Moteurs asynchrones triphasés fermés. Carter alliage d'aluminium. 0,09 à 160 kW. Catalogue technique.

- **Matériels destinés aux enseignants**

- Leroy-Somer (1987). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Notices techniques. Machines de 300 W.
- Moteurs Leroy-Somer (1988a). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Machines électriques tournantes. 300 W série "S". Matériel didactique.
- Moteurs Leroy-Somer (1988b). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Machines électriques tournantes. Matériel didactique.
- Moteurs Leroy-Somer (1989). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Banc d'essais et de mesures avec dispositif d'acquisition de données pour l'étude des machines tournantes. Notice d'utilisation.
- Moteurs Leroy-Somer (1992). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Banc d'essais et de mesures avec dispositif d'acquisition de données pour l'étude des machines tournantes. Notice d'utilisation des logiciels pour compatible PC.
- Leroy-Somer (1993). Matériel pédagogique. Catalogue technique.

Tous les documents sont édités par la société Leroy-Somer.

RÈGLES PROFESSIONNELLES, RÈGLEMENTS ET PRESCRIPTIONS À CARACTÈRE NORMATIF DANS L'ENSEIGNEMENT DU GÉNIE CIVIL

Mustapha Gahlouz

Les enseignants de génie civil se servent de divers documents utilisés dans les pratiques de la construction (bâtiment et travaux publics) : règles techniques professionnelles, règlements, normes, prescriptions, etc. L'élaboration, la présentation et l'utilisation de ces documents obéissent à des conditions particulières, qui sont liées étroitement aux réalités du travail (création, production, organisation) et à l'expérience technique. Elles touchent aussi bien au technique, à l'économique, au social, qu'au politique. Cet article examine les fondements techniques et sociaux des savoirs véhiculés par ces documents, et la signification qu'ils acquièrent dans l'enseignement. Il propose, à partir de l'analyse de ces savoirs, un outil opérationnel permettant de lire les pratiques sociotechniques de la construction Enfin, il étudie, à travers l'utilisation par l'enseignement de ces documents, la question de l'autonomie des disciplines scolaires techniques vis-à-vis des pratiques sociotechniques auxquelles elles se réfèrent.

Outre les manuels courants dont l'adéquation des contenus au niveau d'enseignement mérite d'ailleurs une plus grande attention, les enseignants se servent de divers documents utilisés dans les pratiques de la construction. Il s'agit essentiellement :

des documents
à caractères
divers...

- des règles techniques élaborées par les professionnels eux-mêmes, pour préciser les modalités d'exécution des travaux de leurs spécialités ;
- des règlements rendant obligatoire le respect de certaines spécifications jugées d'intérêt public pour des raisons de sécurité ou de fixation du cadre dans lequel peuvent s'exercer les activités économiques ; ces règlements décrivent des spécifications ou renvoient à l'énoncé d'une norme si elle existe ;
- des recueils de prescriptions sous forme de textes contractualisables servant de cadre à l'élaboration de marchés : cahier des clauses techniques générales (CCTG), documents techniques unifiés (DTU) qui contiennent de nombreuses spécifications à caractère normatif.

... des savoirs
spécifiques dont
il faut étudier...

Plutôt que se poser la question de savoir si les enseignants vivent l'utilisation de ces textes, et notamment des normes, comme une contrainte (cela peut d'ailleurs être le cas même pour les praticiens), il est plus fructueux de se préoccuper du statut de ces documents dans l'enseignement.

Confronté à des savoirs qu'il ne peut transformer, mais qu'il doit adapter et intégrer, l'enseignement se doit d'une part

d'examiner, les fondements des savoirs (au sens large) véhiculés par ces documents et d'autre part, de donner une signification, y compris sociale, à l'utilisation de ces documents.

... les fonctionnements...

Dans le présent travail les fondements des savoirs utilisés sont étudiés en situant historiquement les facteurs, les motivations, les transformations et les institutions liés aux processus de leur élaboration.

... et le sens

Les sens des savoirs utilisés et la signification qui leur sont donnés dans l'enseignement sont étudiés à partir de l'examen de la spécificité des savoirs utilisés. Nous partons de l'idée que l'enseignement doit pouvoir "mesurer" ou "évaluer" les écarts des activités scolaires vis-à-vis des pratiques auxquelles il se réfère. Il doit alors, mener une réflexion (épistémologique, pédagogique et psychologique) préalable sur des contenus livrés dans des formes particulières et qui trouvent aussi bien leur source que leur reconnaissance dans les pratiques sociotechniques auxquelles il se réfère. Pour situer les rôle et fonctionnement sociaux de ces savoirs, il a besoin d'un outil opérationnel permettant de lire ces pratiques et de les transposer. À travers la maîtrise de ces spécificités, il peut alors mesurer l'autonomie des disciplines scolaires techniques vis-à-vis des pratiques sociotechniques auxquelles elles se réfèrent. C'est ce à quoi nous nous attacherons en nous situant plus spécifiquement dans le domaine de la construction (bâtiment et travaux publics) pour la lecture des pratiques et leur traduction dans l'enseignement, et plus spécifiquement encore, dans celui de la construction en béton armé pour la mise en évidence des spécificités des savoirs liés aux disciplines techniques.

1. HISTORIQUE DE LA NORMALISATION FRANÇAISE (1)*

1.1. Réglementation et normalisation

des précisions à apporter

Que ce soit en matière de propriété technique (utilisation exclusive d'une technique établie ou nouvelle, propriété intellectuelle), de défense contre les abus d'une certaine technique (dangers d'utilisation ou de consommation), ou des nécessaires accommodements qu'impliquent les échanges internationaux, le progrès technique contraint le droit à se prononcer et à évoluer (B. Gille, 1978). Les conditions d'élaboration de l'appareil législatif et réglementaire concernant la normalisation et la réglementation doivent être mieux précisées (2). En effet, alors qu'un règlement est adopté et publié par un pouvoir sans qu'il y ait eu nécessairement acceptation préalable des assujettis et que, par son

* Pour des raisons techniques, les notes de cet article sont reportées en fin (page 125).

caractère obligatoire, il constitue un moyen direct de ce pouvoir, une norme est le fruit de la collaboration active de tous les intéressés qui auront dû manifester leur approbation avant que la norme soit publiée (P. Franck, 1981, p. 10). Si l'aspect réglementation s'est historiquement manifesté depuis assez longtemps, la recherche du consensus est une procédure relativement récente (3). La normalisation est liée à l'évolution historique des systèmes techniques. On peut situer son origine dans sa version moderne, à un moment phare de cette évolution, celui de la rationalisation technique. La division du travail, qui l'accompagne, contraind les entrepreneurs à l'homogénéisation des normes au sein d'un ensemble technico-économique dont les dimensions sont en évolution constante à l'échelle nationale et internationale (G. Canguilhem, 1966, p. 182), et à influencer une culture technique française plus penchée à son origine vers la réglementation que vers la normalisation.

1.2. Des règles de l'art à la normalisation

C'est à des pratiques techniques, devenues habitudes et ne comportant aucune contrainte juridique, que l'on pourrait rattacher l'origine de l'action de normalisation telle que nous l'entendons aujourd'hui.

"les origines"

Dans l'Antiquité, ce sont les règles de l'art qui ont joué, pour de nombreuses techniques, le rôle que l'on attribuerait actuellement aux normes de base. Ces règles techniques, intermédiaires entre un règlement (adopté et publié par un pouvoir) et une norme (établie avec le consensus de tous les parties intéressées), peuvent être définies comme l'énoncé, issu de la pratique collective, des principes à respecter ou des méthodes à suivre pour atteindre un objectif technique donné (4). Ce n'est que depuis le Moyen Âge que, pour assurer à la marchandise une qualité certaine, la réglementation des fabrications commence à être conçue.

l'ère des
corporations

Sous les corporations, cette qualité faisait l'objet d'un auto-contrôle, c'est-à-dire d'un contrôle effectué par les métiers eux-mêmes. La loyauté des maîtres-artisans aux règlements de fabrication était assurée grâce à des règles d'apprentissage et d'accès à la maîtrise. Pour faire respecter cette réglementation une administration avait même été créée dès le XII^{ème} siècle : les inspecteurs du métier. Employés de la jurande pour vérifier la qualité du produit fabriqué par les différents membres, ils apposaient, si cette qualité était satisfaisante, le sceau de la corporation sur le produit, sorte d'ancêtre du label professionnel de qualité que l'on connaît aujourd'hui.

l'ère de la
rationalisation

Vers la fin du XVII^{ème} siècle, apparaissent les manufactures dont l'instauration échappe aux corporations urbaines (5). Ce contrôle passe alors, du domaine des corporations à celui de l'État. C'est sous Colbert que sont institués des règlements généraux et des règlements particuliers. La vérification de leur bonne application est confiée aux juges de manufactures et à des contrôleurs (6).

C'est l'époque aussi où la rationalisation technique fait véritablement son apparition, inaugurant les premières tentatives "d'uniformisation" technique. Celle-ci se manifeste d'abord dans les arts militaires et spécialement dans l'artillerie. Gribeauval (1715-1789) dans son entreprise de réforme de l'artillerie dont il a été chargé, publie ses *Tables de construction des principaux attirails de l'artillerie* dégageant déjà les principes généraux d'interchangeabilité des éléments mécaniques (7). Sensiblement, à la même époque (1751) paraît l'*Encyclopédie, Dictionnaire raisonné des Sciences et des Techniques* de Diderot et d'Alembert, l'un des premiers ouvrages traitant de terminologie technique (8). Un grand effort est fait pour la fixation d'un élément essentiel qui est d'ordre législatif : la mesure. Pour disposer d'un système cohérent et universel, l'Assemblée constituante française en 1790, adopte, sur proposition de Talleyrand, un projet d'unification des unités de mesure (9). En 1795 (loi du 18 germinal an III), le système décimal est institué (10).

les premières tentatives

Mais la tendance à l'uniformisation technique ne se manifeste de façon engagée que vers la fin du XIX^{ème} siècle (11). Les exemples de rationalisation avant cette date sont peu nombreux. On peut cependant citer l'action, dans ce domaine, de l'industrie des chemins de fer qui construit, dès 1846, les lignes dans différents pays à l'écartement de 1,435 m, celui des houillères britanniques (12).

C'est que l'instauration de ces travaux d'uniformisation et d'harmonisation techniques nécessite l'existence de structures socioprofessionnelles. Les diverses associations techniques ne verront le jour qu'après la création d'écoles d'ingénieurs civils comme l'École Centrale de Paris.

1.3. Organismes et politiques de normalisation

• Les premiers organismes de normalisation

un domaine pionnier : l'électrotechnique

Les contacts entre spécialistes de pays différents s'accroissent par le biais de telles structures. Et c'est dans ce sillage que naît, à Londres en 1901, le doyen des organismes de normalisation dans le monde, l'Engineering Standards Committee. En France, alors que les règlements ont déjà une histoire, notamment dans le domaine du bâtiment et des travaux publics (13), les organismes de normalisation tardent à se mettre en place. Cette carence montre, comme le souligne R. Frontard (1992), les fondements d'une culture française plus penchée à son origine vers la réglementation que vers la normalisation.

C'est l'électrotechnique qui sera l'initiatrice de la normalisation moderne. Lors d'une réunion organisée à Londres en 1906 par la British Institution of Electrical Engineers, il fut décidé la création de la Commission Électronique Internationale (CEI) que présidera Lord Kelvin, création à laquelle participera le Comité Électrotechnique Français. Ce dernier, fondé en 1907, fonctionne d'emblée d'ailleurs comme organisme de normalisation.

en France,
de la CPS
à l'AFNOR

Pourtant, la Commission Permanente de Standardisation (CPS) ne verra le jour, en France, que par un arrêté ministériel promulgué le 12 juin 1918, commission qui, faute de moyens, cessa d'ailleurs ses travaux en 1924. La France est même absente à un congrès international qui s'est tenu à Zurich en octobre 1925, pour jeter les bases d'un organisme international de normalisation. Le secrétaire général de l'Union des Syndicats de l'Électricité (USE), Tribot-Lespierre qui y participa à titre personnel, organise, à son retour, le 22 juin 1926, une réunion groupant autour de l'USE, la Fédération Française de la Mécanique et quelques survivants de la défunte CPS. Et c'est lors de cette réunion que fut décidée la création d'une Association Loi 1901 : l'AFNOR (Association Française de Normalisation). L'AFNOR participera alors aux assemblées constitutives de l'International Federation of Standardizing, ou ISA, à Londres en 1926 puis à Prague en 1928 (14).

• *La politique en matière de normalisation*

C'est entre les deux guerres que les pouvoirs publics commencèrent à définir une politique en matière de normalisation. Le décret du 24 avril 1930 institue, auprès du ministère du commerce et de l'industrie, un Comité supérieur de la Normalisation pour remplacer l'ancienne CPS. Ce comité sera remplacé par la loi du 24 mai 1941, promulguée sous le régime de Vichy, par un simple Comité consultatif de la Normalisation. Le décret de cette loi précise les fonctions des Bureaux de Normalisation et définit le rôle de coordination que doit assumer l'AFNOR.

évolution
de l'intervention
des pouvoirs
publics

Depuis 1941, les textes de base sont restés inchangés, hormis la reconnaissance de l'utilité publique de l'AFNOR intervenue le 5 mars 1943, la précision de la composition de son conseil d'administration le 29 septembre 1967 et l'adoption de nouveaux statuts le 23 décembre 1977. Le décret du 26 janvier 1984 n'ébranle pas la structure essentielle du texte puisque celle-ci reste inchangée. La représentativité et les responsabilités de l'AFNOR sont accrues, il en est de même pour le rôle technique des Bureaux de Normalisation. On note tout de même certaines nouveautés comme la représentation statutaire des consommateurs, et un léger retrait de la tutelle gouvernementale. Cependant, la normalisation prend selon les secteurs, et selon les conjonctures politico-économiques un développement qui lui est propre.

Ainsi, dans le domaine de la construction, l'édiction de normes a connu, selon M. Auvolat (1988), en France, trois étapes significatives.

- La première, après la Seconde Guerre mondiale, est celle de la normalisation arbitraire. Conjugaison de la volonté d'industrialisation de l'État et des efforts des ingénieurs, elle produit des documents comme le CPTFMU (Cahier des Prescriptions Techniques Fonctionnelles Minimum Unifiées), définissant des standards extrêmement précis et provoquant

par là même une uniformisation et un risque de sclérose de la recherche sur le bâtiment.

- La seconde étape, datant des années 1960, est celle de la réglementation minimale. Fixant des objectifs très précis, sans toutefois mentionner les moyens d'y parvenir, cette réglementation minimale a une approche en termes d'exigences. C'est l'époque des DTU (Documents Techniques Unifiés).

- La troisième étape est celle des années 1970. Fortement marquée par la loi Scrivener (1978), elle correspond à la mise en place d'une police de labels avec les organismes certificateurs et donne un poids très important aux industries des matériaux de construction.

Depuis, est abordée l'étape d'un reflux de l'État français qui se replie sur des fonctions d'observation et d'initiation.

2. CODIFICATION ET OBJECTIVATION DES PRATIQUES : LE CAS DE LA CONSTRUCTION

2.1. Un point de vue social et juridique

En se référant à une pratique sociotechnique l'enseignant, au contact de ces textes, doit pouvoir distinguer, au même titre que les praticiens dans ces pratiques, les divers champs de liberté ou plutôt de degré de liberté que dessinent ces textes. En effet, ces textes obligent (c'est le cas des règlements renvoyant à des normes), encouragent l'adhésion volontaire ou volontariste (la norme) ou suggèrent (avis technique, règles professionnelles). Dans les pratiques de la construction en tous les cas, il est difficile de s'en écarter et ce pour deux raisons : soit parce que la norme est la condition même de l'existence d'un marché, soit parce que la validité des contrats d'assurance des concepteurs et des constructeurs est liée à son application. D'ailleurs, dans le domaine du Bâtiment et des Travaux Publics (BTP) (J.-C. Parriaud, 1992), les normes revêtent un caractère réglementaire puisque leur application est rendue obligatoire en France dans tous les ouvrages publics ou privés (art. 12 du décret 84-74).

Ce cadre réglementaire, inscrit dans un ordre juridique établi, n'est pas sans relation avec une codification des pratiques qui, dans le cas du domaine de la construction (15) notamment, l'alimente particulièrement. Il est alors intéressant d'établir une relation entre cette codification juridique et le processus de codification des pratiques de la construction. Ce processus peut se lire à travers l'évolution historique des systèmes technologiques, mais aussi à travers certains indices significatifs liés à une objectivation des pratiques que l'on peut mettre en évidence en considérant le processus d'élaboration d'une norme.

2.2. Évolution des systèmes technologiques de la construction : du conventionnel au normatif

Le système normatif dans la construction est le produit d'une évolution des systèmes technologiques de la construction que l'on peut résumer historiquement par l'émergence puis la domination successive de trois systèmes technologiques : le système conventionnel, le système prescriptif, le système normatif.

des conventions

Dans le système conventionnel dominant jusqu'au XVIII^{ème} siècle, la construction est régie par un ensemble de conventions implicites liant le maître d'ouvrage et l'artisan-constructeur aux règles de construction définies par ce dernier. Sur le chantier se trouvent réunis divers métiers avec chacun son histoire, ses institutions, et ce sont les traditions et les "règles" corporatives qui régissent les relations entre eux. Le respect et la reconnaissance de chaque activité technique par chacun des intéressés permettent aux divers métiers (16) de s'associer à la tâche globale de construire. Cette "interface" où se joue le découpage des métiers est alors nécessairement le fruit d'une entente entre les métiers ; mieux, la connaissance de cette limite, de cette référence commune à plusieurs métiers, est partie prenante du savoir-faire de chacun de ces métiers. Cette imbrication du savoir et du faire rend très peu aisée le compte rendu par écrit de savoir-faire irréductibles à un schéma d'analyse et de description unique. Transmis oralement, du maître vers l'apprenti (A. Léon, 1961), ils s'accompagnent d'une initiation de l'apprenti au mode de vie et de pensée des métiers, en vue de lui permettre de s'adapter nécessairement au fonctionnement des conventions. En matière de communication un vocabulaire professionnel conventionnel lié à chaque communauté d'ouvriers est usité.

des prescriptions

Au XVIII^{ème} siècle naît, à partir d'une formulation nouvelle des savoirs et savoir-faire conventionnels, la technologie prescriptive qui entame le processus de déqualification du savoir artisan. Deux innovations importantes y contribuent de façon significative : le devis descriptif et le détail constructif (17). Les "règles" de la construction deviennent alors celles d'un contrat écrit par l'ingénieur liant maître d'ouvrage préfinanceur et client à l'artisan. Le rôle de l'ingénieur s'accroît (A. Picon, 1992) considérablement. Du projet qu'il élabore et qu'il décompose jusque dans ses moindres parties, vont être dégagées les différentes phases de la construction, les conditions de mise en œuvre des matériaux (C. Simmonet, 1988), les tâches, les emplois. La coupure portée à la continuité productive rend les tâches exclusives les unes des autres et instaure de ce fait la hiérarchisation (A. Dupire *et al*, 1981). La maîtrise technique de l'ouvrage devenant la propriété de l'ingénieur, l'expérience, le tâtonnement et l'habitude qui caractérisaient la pratique constructive conventionnelle, ne s'exercent plus sur un projet global. Cette perte de la maîtrise de l'ouvrage

par les corporations se solde aussi par la perte de la garantie qu'elles offraient pour celui qui fait construire. Même le langage technique est épuré dans une assez grande proportion de ses origines compagnoniques (B. Quémada, 1978). Le système prescriptif aboutit alors à un contrôle direct sur la fonction construction, son organisation, obtenant ainsi une productivité accrue par les moyens d'une nouvelle procédure de travail (C. Simmonet, 1988). Les métiers, dépossédés de la maîtrise globale de l'ouvrage résistent néanmoins par leur conception au "canevas déqualifiant" de l'ingénieur. Il semble, comme le dit M. Auvolat (1988) qu' *"il y a là, en racine, bien avant l'effet de mode sur la qualité, la tension entre les thèmes de la qualité et de la qualification, la qualité renvoyant aux références constituées par les disciplines de l'ingénieur"* (M. Auvolat, 1988, p. 28).

des normes

C'est entre les deux guerres, au moment de la généralisation des procédés industriels, que naît le système normatif en tant que tel. Ayant pour but de spécifier, unifier et simplifier, le système normatif renforce les caractéristiques de contrôle, de prévision et de rationalisation du système prescriptif et accélère le processus de codification. Le normatif intervient alors comme un code généralisé auquel tous les agents intervenants sont soumis.

2.3. Codification et objectivation des pratiques

- *Un nouvel ordre symbolique*

les effets de l'objectivation

Ainsi le passage de la convention à la normalisation via la prescription, dans la pratique du bâtiment et des travaux publics, soulève des questions fondamentales en matière d'appréhension des savoirs et surtout de lecture des pratiques. On peut remarquer que le passage de la convention à la prescription consacre les symboles graphiques et littéraires à savoir le dessin et le texte comme référence pour régir des rapports entre individus et groupes. Il se confond au passage de l'oralité à l'écriture et marque l'avènement d'un autre mode de transmission de savoirs. La codification marque alors le passage à un ordre symbolique. Il donne lieu à publication, donc à une officialisation des pratiques, rompant ainsi le secret dans lequel elles étaient régies dans le régime des corporations. Il se confond avec la destruction des corporations et en même temps modifie les relations qu'entretiennent les intervenants dans la construction. Il dévoile un consensus sur les contenus et modalités de ces relations et donne lieu à une homologation. L'officialisation et l'homologation signifient alors légalisation. Il introduit de façon indirecte l'usager dans le processus de la construction, les intérêts de ce dernier étant garantis par l'État, responsable de la sécurité du citoyen.

• **Processus d'élaboration d'une norme.**

Ces caractères nés d'une objectivation des pratiques se retrouvent à travers le processus d'élaboration d'une norme schématisé ci-dessous.

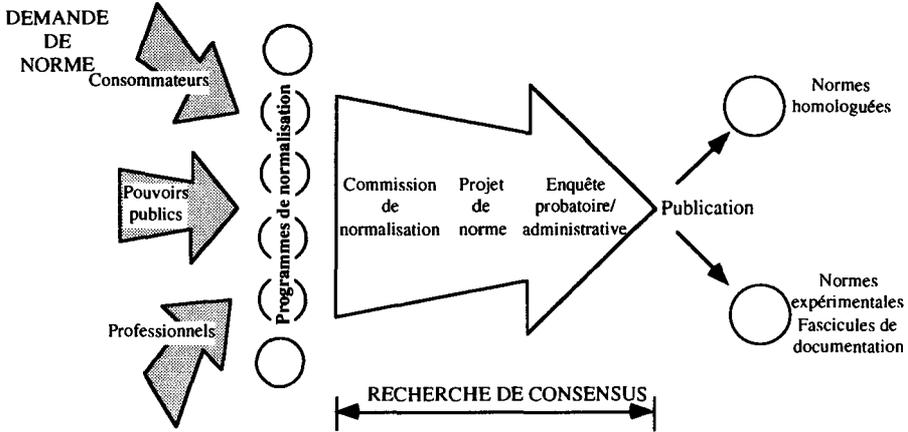


Schéma du processus d'élaboration d'une norme technique.

D'après DUPONT, B. & TROTIGNON, J.-P. (1994).

Unités et grandeurs. Symboles et normalisation. Paris : Nathan.

Nous ne signalons là, en fait, que certains des effets majeurs de la codification liés à l'objectivation qu'elle implique et qui sont inscrits dans l'usage de l'écriture et du dessin.

3. QUELLE LECTURE DES PRATIQUES ?

3.1. Droit et pratiques sociotechniques : clarifications

Situer les savoirs de la réglementation et de la normalisation par rapport à un ordre juridique, ne veut pas dire verser dans le juridisme des ethnologues que critique Bourdieu (18), c'est-à-dire dans *"cette tendance à décrire le monde social dans le langage de la règle, et à faire comme si l'on avait rendu compte des pratiques sociales dès qu'on a énoncé la règle explicite selon laquelle elles sont censées être produites"*. À côté de la norme explicite, ou du calcul rationnel, souligne-t-il, il y a d'autres principes générateurs de pratiques, cela surtout dans les sociétés où il y a très peu de choses codifiées.

D'ailleurs, le dispositif législatif et réglementaire régissant les pratiques sociotechniques ne se suffit pas à lui-même : il n'explique pas lui-même ses motivations. Comme le souligne

éviter le
"juridisme"

P. Ailleret (1982, p. 156) "les textes juridiques ne sont vraiment compréhensibles que grâce à une doctrine qui les commente". Cette explicitation nécessite une lecture de la pratique qu'ils régissent. Elle passe par la mise en évidence des motivations qui lui sont sous-jacentes et qui justifient le recours à ce dispositif. Par exemple, J.-P. Épron (1984, p. 13) propose de considérer la théorie de l'architecture comme révélant la discussion et l'adaptation de la norme constructive. La construction est régie par des normes et des règles de toutes natures qui fixent le rapport entre les formes techniques et les formes sociales du savoir. Ces normes et règles sont à la fois technique, utiles à concevoir, à exécuter et à contrôler les édifices ; elles sont à la fois sociales et servent à reconnaître, instituer et coordonner ceux qui les construisent. Les formes techniques de la construction sont alors les réponses apportées aux questions permanentes de la construction dans le cadre du contexte social où elles apparaissent (19).

3.2. Du technique et du social : qualité et contrôle

de la qualité...

L'optique traditionnelle dans laquelle les problèmes concernant les ouvrages étaient abordés en deux étapes presque distinctes – le projet d'une part, et la construction d'autre part – est dépassée. La construction est appréhendée à travers un processus consistant en une série d'activités en chaîne qui commence à l'usager (expression des besoins, c'est-à-dire les exigences de base traduites en critères "exigentiels"), continue par la promotion, le projet, la production des matériaux, l'exécution et l'exploitation et finit par revenir à l'usager qui bénéficie du produit final. L'obtention de la qualité dans la construction est le résultat de la combinaison de toutes ces opérations. Elle est conditionnée à chacune d'elles par les phases précédentes.

... du contrôle...

Comme la construction est un processus, une suite d'opérations dans le temps, le contrôle de l'achèvement (*a posteriori*) n'est pas suffisant pour garantir la bonne exécution de l'ouvrage. Dès lors, c'est le processus lui-même, et non seulement l'ouvrage qu'il est nécessaire de contrôler. Des défauts peuvent en effet, être cachés dès l'exécution de l'ouvrage, et lui porter préjudice ultérieurement. Cette impossibilité de réparer une erreur impose une procédure de contrôle qui s'imbrique dans la procédure de construction. Ainsi, à chaque étape de la conception est posée la question du contrôle de sa réalisation. Le contrôle est une procédure liée au projet, et la norme devient cette procédure : contrôler le constructeur et fonder l'autorité qui exerce ce contrôle.

... et de ses
nécessités

On comprend alors que le découpage de l'activité de construire corresponde aux diverses ressources utilisées et aux conditions de l'organisation du travail. Mais il correspond aussi aux nécessités du contrôle dont la finalité et l'exécution ne découlent pas directement du problème de construire. Le contrôle a ses propres nécessités :

- la question du savoir puisque c'est par lui qu'est construite et justifiée la norme ;
- la question de la qualification puisque c'est par cette qualification que l'exécutant est déclaré apte ou inapte à son activité ;
- c'est enfin la garantie qu'il faut apporter au commanditaire et à travers lui à la société, de la bonne exécution du projet et de sa cohérence avec un projet politique global.

Qualité et contrôle sont donc les deux fondements de la normalisation et de la réglementation dans la construction. C'est ce qui fait que le BTP impose un caractère spécifique à la normalisation qui le concerne. Ainsi, bien que n'ayant pas de sens pleinement établi, ni une signification valable pour tous, la qualité dispose de référents et de modalités pour son identification. Par exemple, si l'on s'attache à l'objet "ouvrage", la qualité est suffisamment objectivable pour être contractuelle, la réglementation, des DTU aux règles de l'art, est abondante.

Mais le contrôle ne peut se résumer dans la pratique de construction aux seuls moyens de l'exercer (J.-P. Épron, 1984, p. 47) et ne peut de ce fait être compris comme l'application exclusive d'une simple règle technique à un problème. Ainsi, l'on voit qu'il s'avère utile de discerner, dans les problèmes relatifs à la construction traités dans l'enseignement, ce qui découle du social et ce qui découle du scientifico-technique au sens strict. La caractéristique principale du savoir de la construction est qu'il ne dépend pas de considérations scientifico-techniques strictes mais s'étend aux activités, à leurs acteurs et à leur contrôle. Dès lors, la pertinence du savoir dispensé à travers l'enseignement se juge aussi bien dans sa cohérence interne (objectifs, compétences, programmes) que par rapport aux pratiques sociotechniques auxquelles il se réfère.

4. LECTURE ET TRADUCTION DES PRATIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT

4.1. Un cadre et un outil de lecture des pratiques : le projet

Plutôt que de se restreindre au seul savoir savant, c'est à une approche permettant d'élucider la nature et les modalités d'expression des savoirs (au sens large) et des pratiques sociotechniques qu'il faut recourir. L'analyse des textes relatifs à la normalisation et à la réglementation attire l'attention sur les rapports entre les participants à l'acte de construire (les rapports institutionnels compris) ainsi que sur la précision du rôle de chacun des participants à l'activité de construire dans la détention et la production des savoirs nécessaires à la construction. Cette analyse met le

la nécessité d'un
outil de lecture
des pratiques

le bâtiment,
un projet plutôt
qu'un produit

doigt aussi sur la nécessité d'un cadre de lecture fixe pour situer ces savoirs, ces tâches, ces rôles et leurs relations.

Le bâtiment est davantage un projet qu'un produit, c'est ce qui le distingue de l'industrie manufacturière (E. Campagnac, 1988). Comme on l'a vu précédemment aussi, l'objet du contrôle est d'anticiper sur le déroulement de la construction, en prévoir les phases et le résultat. Le projet constitue justement cette représentation de la construction par laquelle on peut l'éprouver par avance. C'est une épreuve anticipatrice de l'exécution, sa référence, sa représentation figurée. Il est alors ce modèle auquel il faudra comparer l'édifice en cours de construction (il y a contrôle du déroulement de l'activité mais aussi celui de l'adéquation de son objet au but fixé) et une fois construit (ici le contrôle consiste à vérifier que l'objet contrôlé est conforme aux prescriptions). Et justement, le projet ou plutôt ses représentations (graphique et technique, y compris ses descriptions littérales) constituent les moyens de ce contrôle. Ces descriptions portent non seulement sur les moyens de faire (les descriptions opératoires) et sur la définition des buts (les normes d'usage) mais préfigurent la méthode de contrôle. En effet, comme le signale J.-P. Épron *"Les règles opératoires (qui fixent sans en expliciter la raison ni le but les séquences du travail de l'ouvrier) et les règles de contrôle a posteriori (qui fixent les critères d'acceptation ou de refus de l'ouvrage produit) peuvent être aussi bien éloignées que confondues comme dans les normes et les règlements qui fixent par le même calcul la méthode pour dimensionner l'ouvrage et celle qui permet d'en vérifier la stabilité."* (J.-P. Épron, 1984, p. 41).

Ainsi, le projet, dessiné ou écrit, permet d'anticiper mentalement sur l'activité de construire, mais il forme aussi un document qui sert juridiquement et commercialement de référence. Si les deux ordres du technique et du social sont analytiquement dissociables, ils sont "matériellement" confondus : le projet ne renvoie pas à deux réalités distinctes mais à un cadre qui les enveloppe l'une dans l'autre. L'enseignement, en quête d'une signification pédagogique à donner à la notion de projet technique ne doit pas oublier la composante sociale de ce dernier.

4.2. La traduction dans l'enseignement

• Signification

La question de la référence occupe une position centrale ; la confrontation de l'enseignement à la normalisation, à la réglementation mais aussi à toutes les descriptions techniques (y compris leur mise en forme) se traduit par la confrontation à des points de vue suggérés ou imposés qui résultent d'un consensus réglant les enjeux entre les différents acteurs de la construction qui ne saurait être appréhendé dans le seul volet scientifico-technique strict. Le

une œuvre de
socialisation

savoir a un rôle et un fonctionnement sociaux dont l'enseignement doit rendre compte.

Ainsi, l'enseignement est amené nécessairement à examiner la signification qui doit être donnée aux savoirs qui sont véhiculés par ces documents. Il se trouve face à la nécessité de se situer du point de vue social et de situer les savoirs qu'il dispense relativement à un ordre socio-juridique établi. Par exemple, l'usage de textes contractualisables (les recueils de prescription notamment) dans l'enseignement est avant tout œuvre de socialisation. Cette façon de mettre en forme des savoirs sous-entend en fait que les élèves, en tant "qu'agents sociaux", s'accordent sur des formules universelles parce que formelles au double sens comme le signale P. Bourdieu (1986) du "formal" anglais c'est-à-dire officiel, public et de "formel" français relatif à la forme ; c'est le cas dans l'adoption des formats d'échanges d'information, d'un modèle de description des clauses d'un marché, etc.

• Outils de traduction

Que le savoir ait un rôle et un fonctionnement sociaux se traduit aussi par sa distribution à travers des formes d'organisation du travail, dans des rôles, dans des tâches, à travers des individus. Là aussi, l'enseignement se trouve devant une question épineuse : doit-il traduire la division du travail par une division du savoir ?

Nous avons déjà là les éléments qui nous imposent de reconsidérer les choses : tenir compte des références et "comprendre les techniques et la technicité" (M. Combarnous, 1984). Cette compréhension est d'autant plus importante qu'elle s'impose à l'enseignement qui entend développer avec les élèves des registres de technicité selon des degrés divers dans ces mêmes registres. Cette option est déjà recommandée par J.-L. Martinand (20) pour ce qui concerne la formation des enseignants : "La seule solution viable, écrit-il, est une formation à visée professionnelle qui associe fortement l'acquisition des compétences pour "lire" les pratiques socio-techniques, éventuellement y participer, et des compétences pour mettre en œuvre dans la classe les orientations et donc gérer les activités et les apprentissages." Cette compétence de lecture à laquelle nous avons lié un cadre - le projet - suggère de parvenir au-delà du registre de l'interprétation, c'est-à-dire celui de "lire", d'analyser, d'expliquer, sans être forcément capable de faire.

technicité
et registres
de technicité

5. L'ENSEIGNEMENT ET SON AUTONOMIE VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

5. 1. Les questions posées

Outre le cadre juridique et commercial auquel ils se rapportent, ces textes sont des sources riches en savoirs et en informations. On peut y relever des modèles de description, une terminologie rigoureuse, des unités, des symboles, des dessins, des procédures de mesure, d'essais, de contrôle éprouvés. Ces textes ne reflètent cependant pas tout ce qui gouverne réellement les pratiques et notamment, ne constituent pas un compte rendu de tous les savoirs et savoir-faire qui s'y déploient. Par exemple, les règles techniques établies par les professionnels pour exécuter un ouvrage ne sauraient être assimilées à des cours d'exécution de cet ouvrage.

un savoir finalisé

Le savoir qui y est contenu est un savoir finalisé. Élaboré par des commissions regroupant différents intervenants d'organismes représentatifs (bureaux d'études, administrations, organismes de contrôle, fabricants, etc.), il est rédigé dans une perspective opérationnelle en vue de son application directe dans les bureaux d'études et chantiers. Cette finalisation est souvent basée sur des simplifications et des approximations légitimes et suffisantes pour les problèmes qu'elle traite. Cependant, si ces approximations sont efficaces en termes de rentabilité (coût des projets notamment), elles sont livrées parfois sans que soient mises en évidence les questions auxquelles elles contribuent à donner une réponse.

L'institution chargée d'élaborer les contenus d'enseignement se trouve, de par sa confrontation aux savoirs contenus dans les règlements et les normes, face à des savoirs qu'elle n'a aucune possibilité de transformer. Deux choix s'offrent à elle : les intégrer ou les réfuter.

les disciplines
scolaires,
des disciplines
autonomes ?

Prenons l'exemple de l'enseignement du béton armé. La pratique de construction en béton armé s'est développée de façon si importante qu'elle s'est imposée comme une véritable spécialité de l'ingénieur. Dans l'enseignement, le béton armé s'est érigé en discipline scolaire avec ses références théoriques (il y a une théorie du béton armé), ses contenus, ses horaires, ses lieux (salle de cours, de travaux pratiques, visites de chantier) et ses outils (manuels, recueils de normes, prescriptions, etc.). Cet enseignement renvoie de façon constante et renouvelée au développement de cette pratique. Les manuels de calcul de pièces en béton armé sont par exemple tous rédigés en conformité avec la réglementation en vigueur au moment de leur parution. Actuellement celles qui sont en vigueur sont les règles BAEL (Béton Armé aux États Limites). De ce fait, l'enseignement qui doit respecter la réglementation ne peut pas développer sur des bases qui lui soient exclusivement propres l'ensei-

nement du béton armé. Cet enseignement, et en particulier le calcul de pièces en béton armé qui y est effectué, doit avoir une légitimité et une reconnaissance à l'extérieur, et notamment être contrôlable et accepté ; il est de ce fait intimement lié à la réglementation qui fixe la théorie du béton armé. L'enseignement du béton armé n'a donc pas d'autonomie absolue vis-à-vis de la théorie et de la pratique auxquelles il se réfère.

5.2. L'exemple de la modélisation "réglementaire"

des théories
d'ingénieurs

Les théories fixées dans les réglementations sont des théories d'ingénieur dont la structuration obéit aux nécessités des pratiques technologiques (J. Staudenmaier, 1988). Occulter cette spécificité c'est occulter le rôle et le fonctionnement sociaux des savoirs dans les pratiques techniques.

spécificités de
la modélisation
technique

Ainsi, par exemple, en contraste avec le domaine scientifique, les questions de la modélisation dans le domaine technique se posent non pas autrement mais dans un contexte technologique ayant ses contraintes propres. Ce contexte ne peut se résumer aux seuls aspects scientífico-techniques stricts. Il y a des considérations liées aux pratiques techniques (en tant que domaine producteur et utilisateur de modèles) qui doivent être prises en charge. Par une approche historique, nous avons étudié les conditions et les modalités de l'adoption de la résistance des matériaux pour le dimensionnement des éléments structuraux en béton armé à son origine, adoption qui s'est officiellement concrétisée dans la première réglementation des constructions en béton armé de 1906 (M. Gahlouz, 1991) pour comprendre l'articulation de la résistance des matériaux (RDM) au champ de référence auquel elle s'applique - la technique du béton armé.

une pensée
propre :
la rationalité
technique

On sait qu'en raison des hypothèses simplificatrices qui servent de base à l'établissement de ses formules, le domaine d'application de la RDM se limite aux seuls matériaux considérés comme homogènes et isotropes. Pourtant, la limitation de l'application de la RDM aux seuls matériaux considérés comme homogènes a dû être transgressée par son application au béton armé. En effet, bien que matériau hétérogène, le béton armé a bénéficié de l'extension à son profit des hypothèses et méthodes de calcul de la résistance des matériaux et a dû être fictivement homogénéisé ou rendu homogène pour que la RDM lui soit applicable. Nous rapportons les causes de cette transgression, à l'exercice d'une pensée technique, dont les caractéristiques sont les suivantes.

efficacité

- Un souci d'efficacité se traduit par un souci de "rentabilité" (rapport : coût/erreurs) dans la recherche de calculs simples mais fiables : la résistance des matériaux est une restriction de la théorie de l'élasticité dont on a renoncé à résoudre les équations compliquées.

- L'adoption d'approximations est justifiée par des considérations économiques comme c'est le cas pour la justification

productivité du positionnement des armatures par la possibilité de répliation et de production en quantités industrielles. Ces approximations sont appliquées aux pièces prismatiques – groupe d'application qui a le plus d'importance du point de vue industriel – elles se justifient donc par la possibilité de les produire en grandes quantités.

simplicité - Il est incontestable que les pratiques évoluent, il en est ainsi, aussi, des savoirs qu'elles utilisent. Nous nous sommes préoccupé de ce qu'il est advenu de la résistance des matériaux dans la pratique de construction en béton armé. On a pu constater que la résistance des matériaux, même après un développement considérable de la technique et des performances du matériau, n'a pas été évacuée. Le choix spontané d'options simples de préférence à des options rigoureuses caractérise la réflexion technique. Comme une loi démontrée satisfaisante dans un champ limité le reste (c'est le cas de la loi de Hooke pour les calculs aux états limites de service) (21), quelles que soient les découvertes ultérieures, le technicien adopte spontanément la loi la plus aisée à manier (M. Combar nous, 1984).

une théorie technologique De cette investigation, il ressort aussi que les modèles utilisés (notamment les modèles scientifiques) dans les pratiques techniques, le sont en fonction de considérations techniques et dépendent des phénomènes, des conditions de fonctionnement et du comportement des objets, ainsi que des procédés techniques auxquels ils s'appliquent. Une fois adoptés dans le cadre technologique, ces modèles deviennent en quelque sorte des modèles techniques qui s'expliquent et se justifient par des théories technologiques. Celle du béton armé en est une. Les éléments d'explication et de justification des modèles, leur domaine de validité doivent être cherchés aussi dans la théorie technologique qui les a adoptés et non dans la théorie scientifique dont ils sont issus.

CONCLUSIONS

les savoirs mais aussi des rôles, des instruments... L'examen des sens des savoirs véhiculés par les documents utilisés dans les pratiques de la construction met en évidence l'élargissement des références de l'enseignement à d'autres natures de savoirs que les savoirs savants, donc à d'autres modalités d'expression des savoirs, mais aussi à des rôles, des instruments, etc. La notion de pratiques sociales de référence tient compte du fait qu'aussi bien savoirs, rôles sociaux, tâches, et même leur mode de transmission et de communication, sont imbriqués, voire parfois inséparables. Il est plausible alors partant de cette considération que se pose à l'enseignement technique et professionnel la question de la "reproduction" ou de "l'adaptation" du réseau de transmission et de communication des savoirs et savoir-faire liés à la distribution des tâches et des rôles

dans les pratiques sociotechniques (qui, précisons-le au passage, évoluent) et qui sont de ce fait générateurs d'un mode de formation.

l'enseignement dispense des connaissances techniques mais aussi une culture

Un autre aspect doit retenir l'attention, c'est celui de l'évolution même de la norme à travers, notamment, l'élargissement des espaces économique et politique. Par exemple, ce sont des normes de conception et de calcul des ouvrages qui s'imposent depuis l'instauration des eurocodes, suite à l'acte unique de 1986. Le caractère normatif dans ce domaine, inhabituel pour les français, constitue pour eux un changement fondamental. Il y a là confrontation, selon J. Parriaud (1992), à une culture technique différente, d'une culture plus tournée à l'origine vers la réglementation que vers la normalisation. On comprend dès lors, que l'élargissement de l'espace politique et économique pour les français implique une confrontation sur des questions sociales, politiques, économiques et juridiques de fond, avec d'autres pays qui les conçoivent de façon différente. De même, le consensus sur des questions scientifico-techniques touche nécessairement à d'autres aspects (politique, juridique, etc.). On comprend alors que l'épistémologie des disciplines techniques intervient à ce niveau sur un plan général et que ce que dispense finalement l'enseignement technique n'est pas seulement la transmission de connaissances techniques, mais c'est plus globalement celle d'une culture.

Mustapha GAHLOUZ
GDSTC-LIREST
ENS de Cachan

NOTES

- (1) Les références historiques sont puisées dans les travaux des auteurs cités dans le texte (B. Gille, P. Ailleret, P. Franck, A. Dupire *et al*, G. Canguilhem).
- (2) Des précisions devraient être apportées aussi sur le plan étymologique. Certains auteurs (P. Ailleret, P. Franck) regrettent que l'on n'ait pas adopté dans le langage officiel français le terme de « standard ». Cette négligence serait d'autant plus regrettable que le mot, qui dérive du français « étendard », est largement utilisé. Il aurait, s'il avait été adopté, couvert, comme dans la langue anglaise, à la fois la notion française de "norme" et celle "d'étalon".
- (3) Cela ne veut pas dire que l'élaboration des règlements ne se soucie pas de l'avis des intéressés. Par exemple l'arrêté du Ministre des Travaux Publics du 19/12/1900 instituant la commission de ciment armé, dont les travaux aboutirent en 1906 à la circulaire ministérielle du 20/10/1906 comprenant les instructions relatives à l'emploi du béton armé (première réglementation de la construction en béton armé), associe des entrepreneurs comme E. Coignet et F. Hennebique, même si ce dernier quitta la commission en désaccord avec la vision des choses qu'avaient certains membres de la commission (en fait les ingénieurs de l'État).
- (4) Par exemple pour construire un triangle droit, les arpenteurs égyptiens traçaient un triangle de côtés proportionnels à 3, 4, et 5 : le théorème de Pythagore n'avait bien sûr pas encore été démontré, mais on en connaissait empiriquement cette application particulière et la règle à appliquer s'était donc inscrite dans la mémoire des hommes et dans les traditions du métier en tant que « Règle de l'art » (P. Franck, 1981, p. 30).

- (5) La suppression des maîtrises et jurandes par le Décret du 2-17 mars 1791 (dit Décret d'Allarde) fut suivie de l'interdiction des coalitions (interdiction du compagnonnage) par le Décret du 14-17 juin 1791 (dit Loi Le Chapelier).
- (6) Ces juges et contrôleurs pouvaient prononcer des condamnations sanctionnant les infractions éventuellement commises : amendes et, en cas de troisième récidive, les contrevenants pouvaient se retrouver au pilori attachés au carcan avec des échantillons des marchandises confisquées, pendant deux heures (P. Franck, 1981, p. 43).
- (7) Cependant les premières fabrications mécaniques interchangeables ne furent réalisées que plus tard : ce n'est que dans les toutes premières années du XIX^{ème} siècle que la fabrication des pièces détachées pour fusils fut inaugurée aux États-Unis par Whitney (R. Frontard, 1992).
- (8) L'action de normalisation dans le domaine de la terminologie technique est résolument entreprise. Les textes de Diderot, dans l'*Encyclopédie* constituent, comme le souligne A. Rey, vers 1750-1760 une mise au point remarquable sur le problème des vocabulaires techniques (A. Rey, 1992, p. 5).
- (9) En 1791, une commission groupant Borda, Condorcet, Lagrange, Laplace et Lavoisier décide que le mètre, unité de longueur, sera la dix millionième partie du quart du méridien terrestre. C'est Delambre qui mesura la longueur du méridien de Dunkerque à Rodez et Méchain le fit de Rodez à Barcelone.
- (10) Ce souci d'universalité, fondé sur l'aspiration à une garantie de la loyauté des échanges entre les pays qui l'adoptent, ne sera entendu qu'assez tardivement, puisque l'Allemagne n'adopta le système métrique qu'en 1872, le Royaume-Uni qu'en 1965.
- (11) C'est le cas dans la boulonnerie. L'ingénieur anglais Whitworth propose un système de filetage qui ne sera adopté officiellement qu'en 1860. Ce système sera rivalisé d'ailleurs par celui de l'américain Sellers que les États-Unis adoptèrent en 1868. Alors qu'en France, la marine adopte un système de filetage métrique en 1875, ce n'est qu'en 1898 qu'un congrès définit à Zurich un système international de filetage dénommé *Système International* (SI).
- (12) L'exemple mérite d'être cité car l'adoption de cette valeur, qui ne résulte nullement d'une concertation, est un des premiers exemples montrant d'une part, que l'avance technique d'un pays peut obliger les autres à s'aligner sur ses décisions et que d'autre part, bien souvent une décision normative est irréversible. Comme le signale, P. Franck, les premières locomotives utilisées en France par Marc Séguin, avant qu'il n'inventât en 1827 la chaudière tubulaire, étaient des machines anglaises. Une fois les premières voies ainsi construites, il n'était évidemment plus possible de changer d'écartement.
- (13) C'est le cas pour la construction métallique ou le béton armé, par exemple.
- (14) Sur le plan international, l'ISA, créée en 1928, sera dissoute en 1948 et remplacée par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) qui tint sa première assemblée générale à Paris en 1928.
Le Comité Européen de Coordination des Normes (futur Comité Européen de Normalisation) sera créé en 1961. Alors que l'année 1964 verra la substitution de la norme ISO à la recommandation ISO, celle de 1969 consacrera la création de la Norme Européenne.
- (15) Signalons notamment, la particularité du statut des documents établis par les professionnels de la construction tels que les Documents Techniques Unifiés (DTU) en matière de droit immobilier. En effet, si d'une manière générale le droit français, depuis la Révolution et les codifications napoléoniennes, répugne à la coutume, celle-ci et de manière plus large les usages conservent un rôle indirect de source matérielle du droit. En matière immobilière, le code civil a souvent codifié et systématisé des coutumes anciennes. Ces DTU auxquels se réfèrent bien des contrats immobiliers sont une codification par les professionnels d'usages (les règles techniques citées précédemment servent en général de base pour leur élaboration) éprouvés dans des constructions habituelles. Cette codification des usages et des coutumes est ici l'œuvre non du législateur mais des professionnels.
- (16) Le découpage des métiers est issu en général des spécialités par type de matériau (bois, pierre, fer : menuisier, maçon, serrurier).

- (17) Le thème du devis descriptif, paru dans le traité de l'ingénieur-architecte Bélidor en 1729, va être repris et généralisé. Dans le devis descriptif, vont figurer toutes les données et les informations ayant trait à l'exécution d'un ouvrage. Du devis descriptif, va naître et découler le détail constructif qui va permettre à l'ingénieur d'évincer l'artisan de toute responsabilité. L'ingénieur va ainsi prévoir, spécifier et ordonner grâce au détail constructif : l'ouvrier sait ce qu'il a à faire et comment le faire. Le détail constructif va aussi accroître l'efficacité de la surveillance et du contrôle de l'exécution des travaux. Il en devient la référence et va constituer la garantie de la conformité technique avec la prescription.
- (18) Mais l'analyse du sens pratique va bien au-delà des sociétés sans écriture. Aussi tout travail de codification doit-il être accompagné d'une théorie de l'effet de codification, sous peine de substituer la chose de la logique (le code) à la logique de la chose (les schèmes pratiques et la logique partielle de la pratique qu'ils engendrent) (P. Bourdieu, 1986).
- (19) Pour la construction, les termes de la question sont multiples et dépendent de contraintes multiples qui s'érigent en problèmes permanents. Dès lors plutôt que de verser dans le jurisme, on doit comprendre que la contrainte due aux institutions qui se traduit par l'imposition du respect des dispositifs législatif et réglementaire, doit compter avec d'autres contraintes comme celles dues à l'activité (sur un chantier se trouvent réunis un ensemble de métiers déjà constitués techniquement et socialement et le problème est de les associer à l'activité de construire), et celles dues aux ressources (c'est-à-dire aux matériaux, outils, méthodes et plus généralement encore la manière de penser leur adaptation au but) (J.-P. Épron, 1984, p. 24).
- (20) Pour M. Combarous, la technicité a une composante globale, mais son observation poussée jusqu'à une dissociation fait apparaître selon les points de vue trois composantes fondamentales : la rationalité des individus et des groupes qui assure l'efficacité des actes (composante d'apparence philosophique), l'emploi des engins qui accroît les possibilités humaines (composante d'apparence matérielle) et les spécialisations qui permettent des approfondissements (composante d'apparence sociologique) sont les trois composants de la technicité dont la réunion constitue la base de toutes les activités techniques. J.-L. Martinand propose la notion de registres de technicité, pour mieux penser la construction d'une discipline. Il distingue quatre registres de technicité : maîtrise, participation, modification, interprétation (J.-L. Martinand, 1994).
- (21) Pour lesquels les critères sont des contraintes admissibles (sauf pour le cas des états-limites de déformation). Les calculs sont de type élastique et donc les modèles de la résistance des matériaux, la loi de Hooke notamment, restent valables de même que le principe d'homogénéisation des sections avec le coefficient d'équivalence égal à 15.

BIBLIOGRAPHIE

AILLERET, P. (1982). *Essai de théorie de la normalisation*. Paris : Eyrolles, p. 156.

AUVOLAT, M. (1988). "Rapport introductif". *Actes de colloques "La qualité en chantier : un enjeu du travail"*. Séminaire de recherche du 22 mars 1988. Paris : Plan Construction et Architecture, pp. 27-30.

BÉLIDOR, B., Forest de. (1729, 1830). *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile*. Paris : Firmin Didot Frères.

BOURDIEU, P. (1986). "Habitus, code, codification". *Actes de la recherche en sciences sociales*. pp. 40-44.

COMBARNOUS, M. (1984). *Comprendre les techniques et la technicité*. Paris : Messidor/ Éditions sociales.

CAMPAGNAC, E. (1988). "Flexibilité et forme de rationalisation du procès de production. Le cas du bâtiment". *Travail, Revue de l'Association d'Enquête et de Recherche sur l'Organisation du Travail*, n°18, pp. 16-24.

CANGUILHEM, G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Paris : PUF.

DUPIRE, A., HAMBURGER, B., PAUL, J.-C., SAVIGNAT, J.-M., THIEBAUT, A. (1981). *Deux essais sur la construction*. Liège : Architecture/Pierre Mardaga éditeur.

ÉPRON, J.-P. (1984). *L'architecture et la règle. Essai d'une théorie des doctrines architecturales*. Alger : OPU.

FRANCK, P. (1981). *La normalisation des produits industriels*. Paris : PUF, *Que sais-je ?*

FRONTARD, R. (1992). "Histoire de la norme". *Culture technique*, n°29, spécial, Paris : Éd. CRCT, pp. 19-27.

GAHLOUZ, M. (1991). *Du béton au béton armé. Fin XVIIIème - début XXème siècles*. Mémoire de DEA en Histoire des Techniques, sous la direction de A. Guillaume. Paris : École des Hautes Études en Sciences Sociales.

GILLE, B. (1978). "Technique et droit". In GILLE, B. (dir.) *Histoire des techniques. Encyclopédie de la Pléiade*. Paris : Éditions Gallimard, pp. 1317-1367.

HENNEBIQUE, F. (Mars 1899). "Communication au troisième congrès du béton de ciment armé". *Le béton armé, organe des concessionnaires et agents du système Hennebique*, n°10, pp. 1-4.

LÉON, A. (1961). *Histoire de l'enseignement technique*. Paris : PUF, *Que sais-je ?*

MARTINAND, J.-L. (1994). "La didactique de la science et de la technologie et la formation des enseignants". *Aster*, n°19, Paris : INRP, pp. 61-75.

PARRIAUD, J.-C. (1992). "La normalisation dans le bâtiment et travaux publics". In *Culture Technique*, n° 29 spécial, Paris : Éd. CRCT, pp. 183-189.

PICON, A. (1992). *L'invention de l'ingénieur moderne. L'École des Ponts et Chaussées 1747-1851*. Paris : Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

QUÉMADA, B. (1978). "Le langage technique". In GILLE, B. (dir.) *Histoire des techniques. Encyclopédie de la Pléiade*. Paris : Éditions Gallimard, pp. 1146-1240.

REY, A. (1992). *La terminologie. Noms et notions*. Paris : PUF, *Que sais-je ?* n° 1780.

SIMMONET, C. (novembre 1988). *De la pierre factice au béton armé*. Paris : Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer.

STAUDENMAIER, J. (1988). "L'histoire des sciences et la question : les technologies sont-elles des sciences appliquées ?". *Courrier du CETHES*, n°5, pp. 27-43.

LES OPTIONS TSA EN CLASSE DE SECONDE : AMBITIONS ET AMBIGUÏTÉS

Bernard Hostein

Les élèves de Seconde peuvent tous, depuis dix ans, suivre un enseignement de Technologie des Systèmes Automatisés. Leurs stratégies d'apprentissages diffèrent notamment en fonction de leurs projets de poursuites d'études, de leurs perceptions actuelles et de leurs expériences passées de l'enseignement, en particulier de celui de la technologie.

Trois types d'élèves sont caractérisés par leur façon spécifique d'articuler les activités scientifique, technique et technologique de ces apprentissages, en fonction de leur lecture du contrat didactique qui sous-tend les formes d'enseignement privilégiées par cette option : les "concepteurs", les "réalisateurs", les "scolaires".

l'institution
offre les études
technologiques
à tous les élèves

La Technologie des Systèmes Automatisés (TSA) a été introduite comme option offerte à tous les élèves de Seconde des lycées généraux et techniques à la rentrée 1987. Généralisation et modernité des enseignements de la technologie en lycées s'actualiseront progressivement par l'ouverture de TSA dans tous les établissements et par le recours à des systèmes qui veulent illustrer l'environnement technique le plus actuel. Matière de tronc commun pour certains, option éventuelle pour tous, la TSA s'inscrit comme discipline participant pleinement à la diversification des curricula prescrits, au bénéfice annoncé des élèves. L'ambition portée par la définition des enseignements de TSA a suscité chez les enseignants des disciplines industrielles de lycées des innovations considérables, et en nombre (systèmes pluritechniques appartenant à divers domaines : électroménager, secteurs de production ou de maintenance ; publications de dossiers d'étude, de TP...), et en modalités pédagogiques utilisées (emprunts de méthodes de conception et de production aux industries les plus en pointe, et adaptation de ces outils introduits dans la formation des élèves) (1).

la demande
sociale ne
répond pas
à cette offre

Et pourtant, progressivement, l'effondrement des effectifs en TSA (doc. 1) suscite l'inquiétude, ce résultat étant difficilement compatible avec l'ambition affichée d'ouvrir la technologie aux élèves de toutes sections, des deux sexes, et de faire de la culture technique une composante de toute formation scolaire.

(1) À cette occasion, je veux dire tout l'intérêt pris à collaborer avec les professeurs des lycées techniques aquitains et bretons. Je n'ai pas cessé d'admirer leur inventivité et leur souci de prendre en compte d'abord les élèves qu'ils accueillent tels qu'ils sont.

Document 1. Effectifs des classes de TSA dans les lycées publics

Années de référence	Total effectifs TSA	dont Filles	dont Garçons	Total effectifs Secondes	Pourcentage TSA/Secondes
1985-86	59 376 (2deTI)			334 886	17,7
1992-93	52 291	5755	46 536	396 019	13,2
1993-94	45 948			391 623	11,7
1994-95	41 159	3437	39 170	392 877	10,4

(MEN, Direction de l'Évaluation et de la Prospective)

Rapporter cette évolution à une cause unique relèverait d'analyses simplistes, parfois appuyées sur des conjonctures exactes, et en cela partiellement vraies, mais globalement insuffisantes. Certes, les classes d'âge diminuent et avec elles les effectifs de toutes les sections de lycées ; mais relativement, la baisse est plus importante en TSA. Les élèves qui effectuent leur classe de Seconde avec option TSA dans les lycées dépourvus d'un second cycle technologique complet sont tentés d'y demeurer jusqu'au baccalauréat, pour des raisons de confort pratique et psychologique. Conjointement, le slogan "80 % d'une tranche d'âge au baccalauréat" s'est traduit par la demande accrue des voies de formation générale, au risque de réduire les sections technologiques à des parcours d'exclusion. Parmi les élèves précédemment évoqués, viendront en sections techniques pour le cycle Premières et Terminales ceux refusés dans les sections générales de leur lycée d'origine. Dès lors, pour donner à l'enseignement des techniques une dignité scolaire correspondant à la nécessité sociale d'une revalorisation des tâches industrielles, l'institution cherche à gommer les différences entre les enseignements technologiques et les disciplines générales, développant l'assimilation entre cultures scientifique et technique (2), au risque que des élèves, à la recherche d'apprentissages techniques différents des disciplines traditionnelles, n'y trouvent plus leur compte.

Chacune de ces explications, – et d'autres encore tenant à l'histoire, au milieu d'origine des élèves, etc. –, renvoie à des éléments constitutifs de l'environnement complexe auquel

- (2) Dans un rapport de 1992, l'Académie des Sciences donne un point de vue très original sur les connaissances des élèves dans le système scolaire français. Analysant les évaluations nationales au niveau du Second Degré, le Bureau explicite les présupposés de la démarche. "Cette méthode suppose un enseignement de masse "uniformisant"... Il faut souligner l'absence de tests touchant à la formation pratique, et surtout technique. Les tests utilisés cherchent à mesurer les connaissances de l'élève plus que sa formation... Des tests analysant séparément les enseignements secondaires techniques et généraux devraient être entrepris." Rapport à M. le Ministre d'État, Ministre de l'Éducation nationale et de la Culture, in *Dossiers Éducation et Formation*, n°17, octobre 1992.

est assujettie toute situation d'enseignement. Il ne s'agit pas de nier leur influence, éventuellement primordiale ; pourtant ces facteurs sont externes à la démarche d'enseignement proprement dite. L'étude dont cet article rend compte repose sur des analyses d'un registre différent : nous ne tenterons d'éclairer que les variables explicatives qui sont portées par la situation didactique elle-même. Si des élèves sont passionnés par les modes et les matières d'apprentissages proposés en TSA et d'autres, non ; si des élèves réussissent au cours de certaines phases de travail plus que face à telles autres, à quelles caractéristiques de ces situations peut-on l'attribuer ? Est-il possible de jouer sur les relations que les élèves entretiennent avec ces diverses situations pour faciliter leurs apprentissages ? Au travers de ces questions à retombées pragmatiques, nous en rencontrons une autre : la didactique nous offre-t-elle des concepts originaux et utiles pour envisager des stratégies plus fines face aux difficultés de certains élèves ?

les concepts
de la didactique
permettent
une approche
spécifique

1. TECHNOLOGIES À ENSEIGNER ET APPRENTISSAGES TECHNOLOGIQUES

1.1. Le rôle des systèmes techniques réels

La nature même d'un système technique n'apparaît complètement que dans les interactions entre son fonctionnement et les acteurs qui le conduisent : c'est une hypothèse forte que l'on retrouve aujourd'hui, aussi bien dans les études historiques sur le développement des techniques et leur utilisation (Scardigli V., 1992), les processus d'innovations (Perrin J., 1988), les modes d'apprentissage des professionnels (Samurcay R., Pastre P., 1995) ou des élèves (Weill-Fassina A. *et al.* 1985), etc. Toutes les démarches, qu'elles soient de conception, d'utilisation ou de fabrication, sont confrontées, en termes de preuve décisive, aux divers modes de fonctionnement du système étudié. L'apprentissage de la technologie n'échapperait pas impunément à cette configuration.

les
apprentissage
postulent
les fonctions
d'usage

• Les attitudes des élèves

C'est d'ailleurs le désir de ce genre d'approches qui a fourni l'une des motivations traditionnelles les plus fortes pour conduire des générations d'élèves dans les enseignements techniques et professionnels. La confrontation active et matérielle avec les objets techniques constituait, il y a quelques années (Hostein B., 1992), le facteur commun aux activités les plus appréciées par l'ensemble des élèves de TSA. Certains manifestent aujourd'hui plus de réticences à jouer sur ce registre. Celles-ci étonnent les professeurs qui les constatent, parce qu'ils étaient habitués aux recours continus et motivés des élèves à la preuve par l'essai sur

le recours
au maniement
régresse chez
les élèves

les objets réels. Même sollicités par une invitation expresse à s'y référer, quelques élèves échappent aujourd'hui à cette démarche.

• **Les programmes**

Les programmes, eux, ne cessent d'accorder à cette dimension une importance croissante. *"L'enseignement de la TSA, disent les premiers programmes, est caractérisé par une approche globale et concrète, fondée essentiellement sur l'observation et l'expérimentation de systèmes."* (1987, Brochure 001F6049 du CNDP, Paris, p. 13) ; ce que souligne avec encore plus d'insistance la nouvelle rédaction, y ajoutant *"l'exploitation de systèmes automatisés"* et précisant *"en situation de fonctionnement"* (BOEN n°23, 4 juin 1992, p. 1591). Dans un article de 1992 (Jourdan L., Aublin M., 1993), deux inspecteurs généraux de STI justifient l'approche préconisée, en se référant à la spécificité des contenus de la discipline : *"Les problèmes techniques que pose une réalisation ne répondent pas à un besoin de connaissances articulées suivant une logique disciplinaire... L'organisation d'un enseignement technologique structuré implique de regrouper les objectifs dans la perspective d'activités technologiques à caractère plus global."* L'identification et l'explicitation de cette volonté de prendre en compte la spécificité des techniques dans leur enseignement en indiquent les difficultés, mais ne fournissent pourtant pas encore la piste de solutions didactiques.

l'institution
renouvelle
ses insistances

• **Le milieu matériel comme antagoniste**

Pourquoi donc cette approche nécessaire, si l'on se fie aux divers arguments convoqués, présente-t-elle simultanément, si l'on en croit les insistances des uns et les remarques ou les réticences des autres, des difficultés particulières ? Le point de départ de cette étude repose sur une hypothèse selon laquelle la source majeure de ces difficultés vient du fait que les systèmes techniques réels jouent à la fois le rôle de *"milieu"*, au sens où l'entendent les didacticiens des mathématiques (Brousseau G., 1988), et celui de référent de la preuve.

les systèmes
concrets
cumulent
plusieurs rôles

Le rôle primordial ainsi conféré aux systèmes "réels" dans leur globalité établit cet environnement comme "milieu" On peut soutenir que les caractéristiques du "milieu" chez G. Brousseau se confondent avec les traits spécifiques des objets techniques tels que les rencontrent le plus souvent les élèves de TSA : par leur matérialité, ces objets imposent leurs contraintes à tous les acteurs, professeur et élèves, et constituent de la sorte un élément stabilisateur du jeu, introduisant le monde des référents industriels, *"a-didactique"* dit G. Brousseau à propos des situations de jeux mathématiques. Les situations d'approches d'un système technique "réel" objectivent les savoirs et connaissances nécessaires pour le comprendre et y exercer des actions ;

emprunté aux situations de référence, il est livré à l'action des élèves, et les divers comportements de l'un et des autres au cours de ces interactions permettent les stratégies de découvertes fixées par les consignes.

C'est progressivement que le milieu, au fur et à mesure de sa maîtrise par l'action et la compréhension, se constitue en modèle (Brousseau G., *ibidem*, p.332). Mais dans les domaines techniques, les modélisations ne constituent pas une fin. Les systèmes techniques prennent alors statut de preuves. Les instructions officielles préconisent "*après construction de tout modèle de représentation, le rebouclage systématique sur le réel*" (*ibidem*).

1.2. Comprendre et apprendre

Les diverses étapes de cette démarche, plus dialectiques que successives, impliquent, chez les élèves, la capacité à créer du lien entre les divers moments modifiant les approches : recherche de documentation, lecture des consignes, manipulations d'instruments de mesure ou de dessin, observation du fonctionnement, etc. À chacune de ces étapes le système technique de référence prend des valeurs et des sens différents et joue un rôle plus complexe encore que le milieu classique des didacticiens auquel est attaché, implicite toujours et susceptible de malentendus, ce que G. Brousseau décrit comme un "*contrat didactique*".

• Les ruptures du contrat

Appellation quelque peu paradoxale, car, pour cet auteur, le contrat n'est perceptible que lorsqu'il se rompt, et il n'y a apprentissage que par ces ruptures (Brousseau G., 1984, p. 50). Ces traits distinctifs du contrat didactique rejoignent les nécessaires ruptures qui accompagnent les diverses étapes de la démarche attendue des élèves en TSA, telle que la décrivent les textes officiels : "*La démarche d'acquisition des compétences privilégie essentiellement une approche inductive, à partir de l'observation et de l'exploitation de systèmes automatisés en fonctionnement (systèmes industriels réels ou didactisés, ou parties isolées à des fins pédagogiques de tels systèmes), ou d'expérimentations, voire de simulations. Démarche orientée du pourquoi vers le comment, du réel vers ses représentations au moyen d'outils adaptés, des solutions techniques vers la compréhension des structures et du fonctionnement.*" (BOEN n°23, 4 juin 1992, p. 1591). Ces mouvements impliquent que "*l'élève est devant une injonction paradoxale, il doit comprendre ET apprendre ; mais pour apprendre, il doit, dans une certaine mesure (3), renoncer à comprendre et pour comprendre il doit prendre le risque de ne pas apprendre*" (Brousseau G., 1986, p. 68).

le milieu fixe
les contrats

apprendre exige
des étapes
acceptées

(3) La mesure, ici, est principalement la durée nécessaire à parcourir les diverses activités permettant la vision globale finale.

L'adaptation aux diverses formes de contrats impliqués dans les situations d'enseignement de TSA, et l'apprentissage des compétences requises par certaines activités primordiales ne suffisent pas à elles seules pour l'engagement des élèves dans le fonctionnement de cette pédagogie originale. L'élève a besoin d'éprouver une confiance qui lui permette de risquer l'échec, du moins dans les situations initiales face à l'ensemble des compétences attendues finalement, et d'accepter que la dissociation apprentissage/compréhension en soit momentanément le prix. "Moi, la TSA, dit Thomas, c'est une matière qui m'a fait comprendre que je venais à l'école pour moi, pas pour les autres, pas pour avoir des notes en fait." ; ce que complète Gaël : "J'y vais vraiment pour apprendre des choses, parce que ça m'intéresse."

• La preuve par l'action

agir implique des connaissances en actes

"La modalité d'apprentissage par l'expérience actuellement la plus étudiée est l'apprentissage par l'action, c'est-à-dire l'acquisition de connaissances à travers l'activité mise en jeu pour atteindre un objectif." Cette affirmation contemporaine de la mise en place des Secondes TSA est toujours d'actualité. Les études évoquées portent le plus souvent sur les pratiques de techniques industrielles. La priorité mise à l'origine en TSA avec beaucoup d'insistance sur l'approche fonctionnelle correspondait bien à la nécessité, pour créer du sens dans ces domaines, de percevoir d'emblée et globalement quelles fonctions correspondant à quels projets fondaient les solutions techniques étudiées à travers les divers systèmes disponibles ; dans cette perspective, la mise en œuvre des matériels, l'observation de leur fonctionnement et de leurs structures constituaient des phases fréquentes de travail ; même les élèves en difficulté pour tisser du sens se voyaient renvoyés d'abord aux utilités que satisfait le système dans son environnement. Mais l'insistance originelle a perdu de son poids : plus familière désormais pour les professeurs et revêtue par ce fait d'un caractère d'évidence, l'approche fonctionnelle s'est banalisée, devenant une dimension parmi d'autres ; les modes d'accès sophistiqués de cette approche (SATD (4), par exemple) n'ont pas fait l'objet d'une transposition adéquate aux situations scolaires, etc. P. Rabardel constate, dans les pédagogies des baccalauréats techniques et professionnels, le recours en déclin aux "activités d'usage réel des systèmes techniques ... au profit de modélisations et de simulations" (Rabardel P., 1995, p. 210). Les observations présentées dans cet article soulignent plus encore l'obstacle que constitue la difficulté chez certains élèves d'articuler ces diverses approches, ce qui confirme d'ailleurs le rôle primordial des rétroactions dans les apprentissages par l'action, tel qu'il a été repéré par les recherches sur ce thème (Johnson-Laird P.N., pp. 400-402.).

l'étape de l'action diffère les savoirs théoriques

(4) SATD pour *Structured Analysis and Design Technique* : Méthode d'analyse descendante.

les contrats
s'inscrivent dans
une dynamique
spécifique

Les fonctions qui justifient tout système technique en tant que tel ont été rassemblées par Rabardel, du point de vue des relations hommes-techniques, dans la fonction instrumentale (Rabardel P., 1994, pp. 129-132) : c'est dans leur fonctionnement même que les artefacts manifestent les structures matérielles et les principes d'intelligibilité par lesquels ils assurent la médiation entre le sujet et l'action instrumentée. La construction progressive du sens, postulée par l'organisation pédagogique de TSA, suppose la possibilité de construire d'emblée des représentations incomplètes du système étudié mais suffisantes provisoirement pour en expliquer partiellement la configuration ou le fonctionnement, ce que Weill-Fassina A., Rabardel P. et Dubois D. (1994) nomment des "représentations pour l'action".

Les disciplines technologiques introduisent dans le milieu scolaire un type d'intelligibilité inconnu dans les démarches traditionnelles : *"Nous avançons l'hypothèse que les représentations pour l'action forment, pour le sujet, des outils de traitement de la complexité. L'incertitude, l'incomplétude et le jeu devant, selon cette hypothèse, être considérés comme des caractéristiques fonctionnelles constitutives des représentations pour l'action."* (p. 132)

1.3. Le dispositif d'enquête : vers le recueil des données

l'élève acteur
s'appuie sur
des stratégies

L'étude entreprise et dont cet article rend compte visait à tester l'hypothèse selon laquelle les élèves qui entretiennent avec les systèmes techniques "réels" des interactions correspondant au rôle primordial et à la diversité des statuts de ces systèmes réalisaient plus facilement les apprentissages visés par les objectifs de l'option TSA. C'est donc le point de vue des élèves sur la technologie apprise qui était recherché. Dans cette perspective l'élève est un acteur développant des stratégies d'apprentissage (Siegler R.S., Jenkins E., 1989 ; Fayol M., Monteil J.-M., 1994) en relation avec les représentations qu'il se construit à travers les divers contrats didactiques en jeu.

• L'enquête

L'enquête s'adressait à 134 élèves, appartenant à 9 groupes de TSA de plusieurs établissements, interrogés au cours de la seconde moitié de leur année de Seconde. Dans la construction du questionnaire, les diverses modalités de travail rencontrées durant les séances de TSA étaient systématiquement proposées à l'appréciation des élèves : travaux sur dossiers, dessins avec ordinateur, cours de synthèse, observations de systèmes, dessin sur planches, DAO, manipulations d'objets techniques, etc. (voir questionnaire en annexe).

Les opinions émises au cours de cette première approche traduisent les préférences personnelles, très liées au sens qu'ils donnent à la technologie dans leur curriculum. Pour

valider ces premières opinions, l'évocation d'une situation particulière, celle où les élèves ressentent des difficultés de compréhension, les invitait à noter quelle source d'aide ils choisissaient alors comme la plus efficace : explications d'un camarade ou du professeur, observation ou manipulation du système technique, dossiers documentaires, etc. Il s'agissait alors d'énoncer les recettes les plus appréciées pour se dépanner ici et maintenant. Ce sont ces deux contextes d'activités possibles qui ont été chargés d'identifier les formes d'apprentissages privilégiées par les élèves.

• *Les observations*

Sans discuter ici le difficile problème des correspondances entre opinions exprimées dans les questionnaires, et comportements repérés par l'observation de séances de TSA, je me référerai aux postulats de la multiréférentialité de J. Ardoino, et du paradigme de la complexité d'E. Morin pour affirmer l'intérêt des approches plurielles et de leurs confrontations dans un questionnement plus fin des phénomènes didactiques. C'est la raison pour laquelle j'examinerai les cohérences approximatives entre les données résultant des diverses méthodes de recueil additionnées pour cette étude.

les activités
correspondent
à des objectifs...

J'ai donc observé, dans deux établissements, deux à trois séances de TSA dans cinq groupes d'élèves différents. Une séance hebdomadaire de travail à laquelle participent les élèves dans le cadre de l'option TSA dure trois heures. Un premier style de séance occupe environ les deux tiers du temps annuel. Il s'agit d'activités conduites à partir d'un dossier à double référence : d'une part, une série hiérarchisée d'objectifs définissant des compétences extraites du programme ; d'autre part un système technique présenté à travers son existence réelle dans l'environnement de l'élève et des documents techniques éventuellement adaptés aux connaissances embryonnaires de l'élève. Ce dossier définit les activités successives demandées à l'élève et les exercices destinés à provoquer et manifester sa maîtrise des apprentissages recherchés. Chaque élève remet son travail écrit à la fin de la séance, pour que le professeur puisse valider les travaux effectués. Plusieurs élèves traitent simultanément le même dossier, et pour ce faire s'associent plus ou moins. Au cours de la même séance, trois ou quatre domaines de compétences différentes sont travaillés par les divers groupes. En trois ou quatre séances ainsi conçues, l'ensemble des élèves a donc parcouru un même groupe de dossiers.

Un second style de séances occupe un petit tiers de l'horaire annuel. Conduites pour l'ensemble du groupe d'élèves, elles assurent les synthèses et mises au point exigées par les constats du professeur au cours des séances de travail sur dossiers et servent aussi à l'évaluation des acquis, voire à une première présentation des systèmes réels.

... planifiant un développement des compétences

Les séances observées ont été principalement des travaux dirigés, au cours desquels il est plus facile de repérer les démarches spontanées des élèves, voire de les questionner sur une procédure au moment où ils viennent de l'accomplir. Les élèves travaillaient sur différents dossiers en vue de divers apprentissages : comprendre et compléter le Graphe de coordination des tâches ou le Grafcet décrivant le fonctionnement de machines présentes dans l'environnement (Grafcet du point de vue partie opérative) ; effectuer des tests de câblage d'entrées et sorties d'une partie commande sur automates programmables, après avoir validé un Grafcet du point de vue partie commande ; dessiner sans cotation une pièce, issue d'un ensemble connu, d'enveloppe parallépipédique avec un vé et deux épaulements ; réaliser en dessin assisté par ordinateur les diverses phases de la représentation volumique d'une pièce ; identifier les liaisons entre pièces d'une machine ; compléter le schéma cinématique d'un bras manipulateur, etc.

Les étapes successives du travail demandé entraînent des déplacements vers les divers lieux offrant le matériel nécessaire à la réalisation de chaque tâche : automates, ordinateurs, système réel, tables, etc. Dans la quasi-totalité des cas, un dossier constitue précisément le travail demandé pour la totalité des trois heures que dure la séance. Au sein de chaque groupe, sauf pour les dessins sur planches, les rythmes de réalisation des travaux successifs ne varient que faiblement.

• *Les entretiens*

les élèves construisent des sens divergents sous les mêmes activités

À l'issue de ces observations, je me suis entretenu avec des trios d'élèves volontaires issus des divers groupes observés, en visant à retenir ceux qui typaient le mieux les diverses attitudes identifiées comme caractéristiques de démarches différentes dans les apprentissages proposés. Les entretiens ont été conduits dans la perspective de "*l'entretien d'explicitation*" (Vermersch P., 1993) De type semi-directifs, ils cherchaient à faire émerger les sens portés par les divers modes d'activités repérés durant l'observation, et les conceptions de l'apprentissage technologique inférées. Je tâchais alors de confronter les interprétations issues des techniques d'investigation antérieures à des discours croisés qui traduisaient des attitudes et comportements contrastés, cherchant à faire expliciter ce qui allait se révéler comme des stratégies, au moins implicites, plus ou moins déterminées par une conception de la technologie cohérente avec les projets et les expériences scolaires antérieures des élèves.

2. LES ÉLÈVES ET LEURS STRATÉGIES D'APPRENTISSAGES

2.1. Rôles attribués aux systèmes pour apprendre la technologie

Parmi les élèves de la population d'enquête, l'option "Productique" conjointe était le fait de 56,7 % d'entre eux ; 38,1 % n'avaient pas choisi celle-ci. Cette répartition des individus en deux groupes est très significativement liée (Test du χ^2 : $p = 0,001$) au fait d'avoir choisi leur établissement à l'entrée en Seconde, soit en vue d'un baccalauréat technologique ou à option technologique, soit sans ce projet. Le document 2 croise une série de caractéristiques qui se regroupent toutes contrastivement avec l'un des deux pôles dessinés par les deux variables principales.

deux attitudes
contrastées
en relation
avec l'option
productique

Le premier axe de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) oppose deux visions qui différencient nettement deux catégories d'élèves ; il représente 69,8 % de l'inertie. Les variables complémentaires retenues présentent un poids explicatif important sur cet axe. Comment les élèves qui ont choisi la combinaison d'options TSA-Productique en vue de poursuivre dans la voie de formation technicienne se distinguent-ils ? Ce sont des élèves qui, par goût ("ils apprécient") (5) comme par besoin ("en cas de difficultés, ils font appel") (6), manipulent les systèmes matériels et recourent à l'observation ; dans l'apprentissage, ils donnent la priorité à l'action alors que dans les efforts de compréhension plus rudes, ils associent toutes les formes de recours possibles aux interactions avec les systèmes techniques matériels. La manipulation correspond à leur approche première ; l'observation entre dans leur stratégie quand ils ont des difficultés de compréhension.

Les élèves qui n'ont pas choisi l'option productique ont des attitudes opposées : ils ne ressentent pas du tout le besoin d'approcher par la manipulation les systèmes techniques proposés à leur compréhension. En cas de difficultés, ils n'y ont pas non plus recours, et l'observation, alors, ne leur paraît guère plus utile. Chez eux, les corrélations entre les deux modes d'accès aux systèmes réels, dans les deux situations proposées, sont encore plus nettes que pour le groupe précédent : il n'y a jamais dans leurs stratégies de place primordiale attribuée aux systèmes techniques réels.

(5) Test du χ^2 très significatif ($p = 0,002$)

(6) Test du χ^2 très significatif ($p = 0,001$) pour l'appel aux manipulations, et significatif ($p = 0,021$) pour les recours à l'observation.

développent les élèves par rapport à ce champ diffère donc principalement selon le statut prêté au référent technique dans les activités d'acquisition de compétences ou de dépassement des difficultés d'apprentissage : pour les uns, la référence aux systèmes réels est primordiale ; pour les autres, elle est négligeable. Ces interprétations du premier axe de l'AFC présentée conduisent à identifier celui-ci provisoirement comme l'axe de la "représentation didactique".

2.2. Projet scolaire et appréhension des systèmes techniques

Le second axe, lui, est d'un poids plus modeste (10,9 % de l'inertie). Ce qui oppose deux catégories d'élèves sur cet axe, c'est l'éventualité de poursuivre leurs études au lycée vers un baccalauréat plus ou moins nettement défini : baccalauréat technologique ou option technologique du baccalauréat scientifique pour les deux tiers de la population étudiée, pour les autres un baccalauréat différent ou bien une voie encore incertaine ; il s'agit ici du "projet curriculaire". Les élèves qui s'inscrivent dans un projet de formation technique accordent plus de poids à l'observation et à la manipulation des systèmes que les autres élèves. Les activités de DAO attirent elles aussi davantage et très significativement (7) les élèves qui s'orientent vers un baccalauréat incluant une dimension technologique ; c'est aussi le cas, à un degré moindre (8), du dessin technique et des activités sur ordinateurs.

le projet personnel différencie le rôle des systèmes techniques dans les apprentissages

Le projet curriculaire définit deux profils très contrastés concernant l'appréciation des diverses situations d'apprentissage. La différence s'amenuise quand il s'agit de dépasser les difficultés ; alors les élèves sont plus nombreux à chercher secours dans la manipulation (63 % beaucoup, contre 58 % en situations d'apprentissages), et dans cette situation l'observation ne joue plus un rôle aussi discriminant (rassemblant 48,4 %, contre 40,3 %). Une rupture dans les processus d'apprentissage assouplirait ainsi les stratégies et permettrait d'échapper tant soit peu à la représentation didactique dominante.

Seule apparaît lourdement significative, dans les résultats de l'enquête commentée, l'importance plus ou moins grande accordée par chaque type d'élèves aux observations et aux manipulations de systèmes techniques réels.

Ce caractère significatif vient du fait que ces activités mettent en jeu l'attribut épistémologique essentiel des contenus technologiques : pour entrer dans le contrat didactique propre aux apprentissages techniques, l'élève doit accepter de reconnaître dans les entités techniques réelles le lieu de validation des savoirs.

(7) χ^2 : p = 0,006.

(8) χ^2 : p = 0,042 et χ^2 : p = 0,054.

Finalement, j'ai dû affiner la classification duale perçue à partir des réponses aux questionnaires. S'il existe bien deux polarités extrêmes, l'une constituée des élèves "traditionnels" correspondant aux anciennes filières qui menaient aux baccalauréats technologiques, l'autre regroupée autour d'élèves dont le projet principal vise des baccalauréats différents et qui n'ont choisi qu'accidentellement l'option TSA, une troisième catégorie est présente dont les stratégies ne correspondent que partiellement à l'une et/ou l'autre des deux premières.

3. TYPOLOGIE DES ACTEURS

3.1. Les concepteurs

"J'aimerais bien que la pièce, une fois réalisée, elle me revienne ; que j'étudie, bon, le prototype : ce qui ne va pas. Le retoucher, ré-imaginer quelque chose pour stabiliser, enfin quoi corriger les défauts, re-tester le prototype." (Isabelle) (9). C'est un tel discours qui exemplifie le mieux l'attitude de cette catégorie d'élèves. Leur représentation des métiers de la conception industrielle ne correspond guère, certes, à l'industrie actuelle, mais elle sous-tend nombre de leurs activités en classes de TSA. L'interlocutrice citée diffère de bien des élèves de cette catégorie, entre autres paramètres, parce qu'ils sont plus souvent des garçons (10). Mais aussi, parce qu'elle accorde une importance, relative certes mais réelle, à ce que l'on pourrait appeler "la preuve par le fonctionnement", ce qui ne préoccupe pas tous les élèves de cette catégorie. En ceci, ils rejoignent, dans la première typologie binaire, les élèves qui n'accordent d'importance ni à l'observation ni à la manipulation des systèmes réels.

- Affronté à une tâche (11) de dessin du raccordement entre un vé et un épaulement, l'un des élèves de ce genre conduit face à la pièce réelle une camarade qui n'acceptait pas sa traduction en 2D de la représentation de cette pièce en 3D ; l'un et l'autre faisaient erreur sur la nature du

les typologies
sont abstraites

(9) Les prénoms, fictifs sauf pour le sexe qu'ils évoquent, renvoient toujours à l'individu affecté de cet indicateur.

(10) Nous rappelons à cette occasion que la "typologie" ici utilisée a au moins ceci de commun avec les "types idéaux" de Weber, que l'élève réel n'est jamais le "prototype" de la catégorie, celui-ci étant une fiction théorique, une caricature absolue ; mais comme dans toute caricature, du moins si elle est juste, ce sont les traits les plus distinctifs qui sont choisis pour caractériser la classe et la distinguer des autres.

(11) Les "tâches" correspondront, dans les descriptions rapportées dans ce texte, aux produits "prescrits" par les consignes de travail des dossiers, et aux produits "réels" fournis par les élèves en réponse, toutes choses observables.

la conception,
première, dicte
les activités

raccordement. Une fois accordés et revenus à leur activité (12) de dessin, la camarade reporte le raccordement tel qu'elle l'avait observé ; le premier, en revanche, revient à sa solution qualifiée de "logique". Les actions (13) d'apprentissage de ces élèves privilégient la plupart du temps l'image qu'ils se construisent de l'objet technique étudié.

Cette image est d'emblée globale : un concept concrétisé que les diverses activités vont expliquer. Thomas justifie ainsi la démarche du Grafcet : *"Il faut tout le temps décomposer, toutes les actions qu'on va faire ; et je pense, pour n'importe quelle action, n'importe quelle réalisation."* L'élève "concepteur" circule beaucoup dans la classe à la recherche d'informations ; son parcours est souvent silencieux : il regarde le travail des autres élèves sur les divers supports utilisés (dessins, écran d'ordinateurs, etc.), plus que les dispositifs eux-mêmes ; quand il interroge le camarade, ses questions portent sur les intentions des actes plus que sur leurs effets : *"Pourquoi tu dessines le cylindre avant le parallépipède ?... Tu câbles d'abord les sorties ?"* (Éric). En cas de difficultés, ces élèves n'hésitent guère à poser au professeur les questions nécessaires ; avant, ils ont consulté quelques documents, et disposent du langage adéquat pour faire comprendre leurs interrogations. Ils disposent d'une intention constamment sous-jacente d'intégrer ces diverses informations.

le projet
épouise le réel

Ce "pro-jet" leur permet de faire le lien entre toutes les tâches que fixent successivement les dossiers suivis. *"Au lycée, on trouve toujours un rapport entre chaque travail de T.P."* (Bruno). Le sens des apprentissages est construit a priori dans leur vision projective de la technologie, et permet de structurer les connaissances rencontrées : *"Ce serait la dernière étape de conception, le dessin, pour ensuite passer à quelqu'un qui va me réaliser la pièce ; on a créé avant, imaginé ce qu'on voulait, maintenant on le dessine pour pouvoir le réaliser. Travailler sur un système, savoir ce que c'est, oui ; mais, pareil, le créer, travailler dessus, non, c'est pas ça qui m'intéresse."* (Walter)

- La technologie implicite à laquelle se réfèrent ces élèves, c'est la science du génie, de l'ingénieur ; mais telle que la figurent les périodiques, les films et vidéos, c'est-à-dire sous une emprise démesurée du virtuel.

(12) Seront nommées "activités", les comportements, dans ce qu'ils ont eux aussi d'observables, qui constituent la procédure adoptée par les élèves, et ressentis par ceux-ci comme adéquats à la réalisation de la tâche.

(13) Par contre, seule l'interprétation permet de reconstituer "l'action" de l'élève, c'est-à-dire le processus qui permet de lire une cohérence entre la tâche, les activités et le projet. Celui-ci, lui, devient identifiable par exemple, à travers l'explicitation recueillie à l'aide des entretiens. (Cf. Bullinger A., 1987, Rabardel P., 1995)

la technologie
identifiée à
la science des
objets techniques

La technologie, c'est aussi, dans cette culture, la science des techniques. L'intérêt se mobilise autour des "pourquoi" plus que des "comment", des explications plus que des pratiques. *"Je préfère savoir, à la fin savoir pourquoi si je fais ce câblage je ne peux pas obtenir d'autres résultats ; j'aime bien comprendre le truc, même si c'est pas les vrais câblages qu'on fait, parce que sur les machines c'est beaucoup plus complexe."* (Éric)

C'est le goût et, le plus souvent, une pratique déjà importante de l'informatique qui constituent leur culture technologique personnelle. *"Grâce à l'ordinateur, une fois qu'on a rentré la pièce, l'ordinateur peut commander la machine qui va construire la pièce d'où l'intérêt de ne plus être obligé de passer par quelqu'un... Quand je disais gain de temps, c'est sur la réalisation."* (Bruno). L'électronique est, à leurs yeux, la principale composante de cette technologie moderne, et mérite les investissements d'apprentissage les plus importants ; leur pratique technologique est celle des claviers, leur manipulation dans les champs du virtuel. La réalisation va de soi ; la mise en œuvre, la fabrication, la production ne retiennent pas leur intérêt ; le coût, humain et technique, des aléas, des dysfonctionnements, des modifications leur paraît minime. *"Y'a un lien forcé, parce qu'il y a un lien totalement physique entre le dessin et la pièce ; la mesure, c'est la mesure."* (Isabelle)

l'apprentissage
se réduit-il
à un mode
d'évidence ?

- L'atmosphère de liberté développée par la forme des activités, l'aspect formel que prennent les tâches écrites correspondent bien à un besoin d'autonomie ou du moins d'indépendance dont la satisfaction facilite les apprentissages de ce type d'élèves. *"On sait nous-mêmes le temps qu'on a pour faire notre travail ; on le prend sur nous-mêmes. Pour moi, le plus important, c'est d'avoir compris."* (Bruno). L'individualisation du rythme de réalisation, les interactions possibles entre élèves, la variété des technologies impliquées et des tâches demandées sur un même support leur conviennent.

Par différence, rétrospectivement du moins, au collège, ils regrettent que les *"projets tout conçus"* (Bruno) leur aient proposé seulement des fabrications qu'ils jugeaient *"rigides, ... vétustes"*.

Pour la réalisation de leur projet scolaire, l'option TSA offre une voie privilégiée vers un baccalauréat scientifique. *"Avec TSA, on choisit S beaucoup plus facilement."* (David) ; c'est aussi, à leur avis, une composante valorisée des examens dans cette section : *"Il y a un coefficient intéressant au bac."* (Isabelle). Certains gardent une marge de manœuvre, garantir un baccalauréat scientifique reste l'objectif principal : *"Je savais que je voulais faire une première scientifique et on m'a dit qu'en prenant TSA je serais dans une bonne classe, j'aurais plus de chances de partir dans une bonne S."* (Isabelle)
L'adéquation semble exacte entre la TSA et leur vision de la technologie ; c'est pour ce type d'élèves que le dessein de

cette option remplit au mieux ses buts affichés. C'est avec eux aussi que les déviations potentielles des formes de tâches et d'activités mises en œuvre par la pédagogie de TSA sont les moins probables.

3.2. Les scolaires

Les attitudes des élèves "concepteurs" traduisent la cohérence entre, d'une part leurs démarches de compréhension, gratifiante d'emblée, des systèmes pluritechniques, d'autre part les activités possibles en classes de TSA et les tâches attestant la pertinence de leur travail. Un groupe, minoritaire lui aussi, occupe un pôle typologique opposé traduisant des attitudes nettement différentes ; nous les appellerons les "scolaires".

- Ils décrivent les séances de TSA en termes d'activités prescrites et de tâches successives. *"Quand on arrive dans la salle, on va chercher le dossier qui est à faire, on s'installe et on remplit."* (Céline). Effectivement, le lieu nodal qui relie les diverses activités, c'est le dossier ; et même, plus précisément, les réponses à fournir dans les "trous" prévus. Ces élèves parcourent la totalité du dossier, à la recherche des exercices qui le parsèment. Là où un graphe de coordination des tâches est à compléter, concernant une machine, ils vont trouver dans un de leurs travaux antérieurs un graphe qu'ils auront tendance à traiter comme un modèle à reproduire. Aux yeux de Franc, la justification d'une écriture de table de fonctions logiques avant de chercher à implanter le programme sur un automate, c'est : *"Parce que le monsieur, il l'a demandé."*

Le dossier constitue également leur repère chronologique. Chaque tâche succède à une autre, pour la seule raison qu'elle se situe au paragraphe suivant. Autour d'un bras manipulateur, les contextes proposés varient : étude des mouvements, observations sur logiciels de simulation, manipulations sous divers modes de fonctionnement, réalisation guidée du schéma cinématique. Or les élèves de ce type réalisent de façon totalement étanche chaque exercice fixé. Leurs réponses restent parfois hésitantes et ils expriment leurs doutes. Mais quand ils ont pu mieux percevoir la géométrie des déplacements à travers l'observation du système, ils ne pensent pas spontanément à préciser sur leurs dessins antérieurs la trajectoire des points correspondants à décrire. Cette absence de récursivité ne leur permet pas de construire par approximations successives des modèles efficaces pour rendre compte des systèmes techniques étudiés. En fait, seules les réponses du professeur, les corrections des prestations garantissent à leurs yeux l'exactitude de leur compréhension. Leurs positions et participations durant les séances de correction des travaux personnels évoquent l'enregistrement automatique des solutions dites valides. Quand ils circulent dans la classe comme au sein de leur groupe de travail, leurs échanges avec les camarades

le "métier
d'élève" clôt les
apprentissage

la rigidité des
tâches perçues...

... empêche le
jeu nécessaire...

traduisent autant l'attentisme incertain que le pillage des résultats à fournir qu'on leur reproche souvent ; ils ne forment guère que des questions, un bon nombre d'entre elles concernant les notes obtenues. Leurs échanges avec le professeur dépendent le plus souvent de son initiative, car ils ne savent pas quelle est la source de leurs difficultés, et, une fois le professeur parti vers d'autres groupes, ils demandent souvent à leurs camarades de traduire les explications de celui-ci.

Les "scolaires" ne voient d'utilité ni à l'observation ni à l'utilisation des systèmes réels, parce que ceux-ci échappent, comme les autres supports d'activités, à l'univers des instruments de compréhension tels qu'ils en imaginent la constitution dans le cadre scolaire. Xavier, hésitant à identifier une transmission de mouvement, et à qui je suggère qu'il pourrait aller voir sur la pince du bras manipulateur, répond : *"Oh ! là, il faut juste prier."* : le système technique est perçu trop complexe, il ne suscite guère que la crainte. Face à la machine, les "scolaires" se réfugient, – y compris physiquement – derrière les camarades qui eux aiment manipuler.

... pour
comprendre
les systèmes
techniques
comme non-
scolaires

- La perception du système technique se fait alors à travers les indices cherchés dans le dossier. *"Ils demandent de dessiner B, suggère Xavier, donc B a changé de place !"* ; la consigne de la tâche révèle la cinématique de la pince. Et pour identifier les liaisons existant dans un système, Céline prend en compte les modèles de graphisme des types de liaison figurant dans la page : *"Il faut faire les deux dessins, puisqu'ils ont mis les deux en haut ; et puis on les retrouve dans l'exercice, après !"*. Les systèmes techniques n'apparaissent pour ces élèves qu'à travers leurs modes d'existence scolaires.

- Leur présence dans les classes de TSA s'explique par les décisions d'orientation générale prises en fin de Troisième ; cette option est venue compléter les autres décisions dont l'origine la plus souvent évoquée est le conseil de classe : on leur a recommandé d'exclure un certain nombre de choix, et la TSA constitue un reste. Leur projet de baccalauréat est encore flou, et se formule essentiellement en termes d'auto-risation scolaire. *"Si on me prend, j'irai en STL."* (Rachel) ; *"J'ai une sœur qui a fait E, elle m'a dit d'essayer."* (Franc)

apprendre ne
constitue pas
la somme des
tâches à remplir

Leurs attitudes face aux apprentissages technologiques reposent sur un contrat rigide, reproduisant à l'identique celui qu'ils ont construit dans les autres matières, sans modulation adaptée aux spécificités de la discipline. Pour des raisons totalement différentes de celles des "concepteurs", les "scolaires" n'accordent pas non plus de valeur aux observations et manipulations. C'est en cela seulement que leurs profils se rejoignent. Leur projet scolaire chanceant ou confronté à des barrages institutionnels liés à l'appréciation de leur niveau, le cadre absolu à leurs yeux, dessiné par les tâches prescrites constituent, nous en fai-

sons l'hypothèse, une explication forte de leurs difficultés à construire du sens à travers leurs apprentissages en TSA.

3.3. Les réalisateurs

Une majorité des élèves de TSA correspond encore au profil traditionnel rencontré dans les anciennes filières de baccalauréats technologiques, attendant des apprentissages techniques une mise en relation forte entre le monde scolaire et la vie moderne telle qu'ils se la représentent. Leur intérêt englobe, contrairement aux "concepteurs", la matérialité des techniques avec laquelle ils aiment se confronter réellement ; nous pouvons les identifier comme des "réalisateurs".

- Sylvain vient de travailler avec deux camarades sur la traduction en graphe de coordination des tâches, de l'observation d'une machine ; il est le seul à repérer que c'est moins le fonctionnement en lui-même que son ordonnancement temporel qui constituait le point de vue à privilégier. Pendant toute la traduction sur document des divers modes de fonctionnement observés, Sylvain reste en retrait, copiant les réponses de ses camarades ; il n'est guère plus actif, quand il faut anticiper, par une analyse binaire et la prévision des entrées-sorties, une programmation sur automate. Mais, dès que l'équipe passe à l'implantation sur April, il prend le matériel en main, et les deux camarades sont réduits à contrôler ses opérations. Les "réalisateurs" ont un plaisir spontané à manipuler, à voir un système fonctionner selon leurs prévisions éventuellement, et dans le cas contraire à mettre en œuvre les opérations qui rétabliront le système dans son fonctionnement attendu. Quand plusieurs "réalisateurs" appartiennent à une même équipe, l'animation des activités s'accroît nettement au fur et à mesure que se rapprochent les situations d'action sur des systèmes matériels.

Une activité prend d'autant plus de sens pour eux qu'elle colle à des opérations qui auraient place à leurs yeux dans le monde industriel. Le dessin leur plaît autant sur planche que par DAO, dans la mesure où il correspond à une pratique définissant un système réel : il y a un taraudage de plus dans le disque réel de la machine que sur le dessin qui sert de point de départ à l'exercice de DAO : comment le rétablir sur le dessin pour en assurer la conformité avec la pièce ? Le surdimensionnement d'une vis ne pose pas de problème en relation avec sa fonction ; il ne sera perçu que par sa non-conformité avec la vis réelle.

Les nécessités de formalisations et de langages de symbolisation sont d'abord admises comme des conditions pour l'action : *"Tout observer, tout essayer, bon ! On peut pas. C'est vrai que c'est rébarbatif un graphe de coordination des tâches, mais c'est pas possible sans."* (Urbain). Le premier mouvement porte ces élèves vers les systèmes réels : pour les activer, à défaut pour les observer : *"Nous, on a été voir le*

la pratique
construit un sens

le réel s'impose
comme
référence

les langages
situent le réel
dans le rôle
de milieu
antagoniste

fonctionnement, et on a étudié les mouvements : si ça avançait ou reculait en même temps. Et après on a établi le Grafset." (Pierre). Le dessin est aussi l'occasion de vérifier sa perception de l'objet : Gaël dessinait le vé d'une machine à cambrer, sans respecter l'épaulement porté sur la vue 3D de base ; après avoir observé la pièce réelle, il revient effectuer un dessin adéquat. La prégnance des objets est telle qu'un même mouvement s'imposera à leur analyse comme double en raison de ses deux directions possibles, ou qu'une transmission de mouvements ne s'identifiera que s'il n'y a pas de pièce intermédiaire entre la source et l'élément analysé : *"La translation, ça se fait quand ça se touche."* (Pierre)

La matérialisation des liaisons est telle que les "réalisateurs" ont de la peine à identifier les mouvements relatifs plus largement que ceux des pièces en contact immédiat ; les mouvements de l'effecteur sont plus vite identifiés que ceux transmis. Les "réalisateurs" vont chercher d'abord leurs informations dans le contact direct avec les systèmes réels ; leurs ressources annexes viennent des échanges avec leurs camarades auprès desquels ils apparaissent comme les spécialistes du matériel, mais qu'ils questionnent eux-mêmes volontiers, dès qu'il s'agit de formulations dont ils vérifieront volontiers l'exactitude par un retour vers les systèmes réels. Ils n'hésitent pas non plus à consulter l'enseignant, mais ce n'est qu'en dernier recours qu'ils cherchent les informations dans les dossiers ou les cours.

Les activités des "réalisateurs" sont toutes orientées spontanément vers le fonctionnement. Elles trouvent dans les systèmes matériels, voire virtuels, le pôle fédérateur autour duquel le reste prend sens et qui favorise les synthèses. Les difficultés majeures surgissent lors des interrogations d'évaluation, lorsque celles-ci fonctionnent principalement à travers l'utilisation exclusive de langages formels, trop indépendantes des systèmes de référence.

- La référence constitutive du domaine technique pour les "réalisateurs", c'est la *"logique d'instrumentation"* (Rabardel P., 1995) qui fait passer l'apprentissage par l'usage de tous les objets techniques à travers lesquels se manifeste l'interaction intelligente du sujet avec le milieu réel certes, matériel surtout, mais aussi avec la manipulation des outillages symboliques empruntés aux milieux professionnels de référence. L'aspect prégnant de l'approche vise à répondre à la question primordiale pour eux : "comment ça marche ?". Toutefois, la réponse à cette question s'ouvre sur d'autres intérêts : *"Faire fonctionner les machines, je le fais normalement parce que ça m'aide plus à comprendre les systèmes, l'automatisme..."*, précise Armelle.

de l'outillage
matériel à
l'instrumentation
symbolique

Contrairement aux "concepteurs", la confiance de ces élèves est moins spontanée et surtout moins totale à l'égard du rôle de l'informatique dans les activités techniques. Sans l'énoncer aussi clairement, ils se méfient du caractère virtuel des réalisations sur ordinateur, dont ils repèrent surtout, modestement, les risques d'erreurs liées à leur propre

manipulation des organes de dialogue. Ils insistent sur la distance qui existe entre le programme et les aléas liés aux organes supplémentaires qui vont réaliser la tâche : ils veulent être présents au moins tout au long du cycle de conception-réalisation : *“Je serai plus sûr en faisant le travail moi-même, que de passer par l’ordinateur.”* (Marc)

- La TSA correspond mieux à leur mode privilégié de travail : *“on apprend en pratique”* (Gaël) ; *“trois heures de TP, ça se mémorise mieux que le cours qu’il faut revoir pour l’assimiler”* (Armelle). Le projet curriculaire de ces élèves vise à continuer leurs études par les voies qui favorisent de telles activités ; ils envisagent principalement les bachelauréats technologiques, la voie scientifique ne restant qu’une éventualité faible, autant par conscience de sa sélectivité qu’en raison de son inadéquation avec leurs goûts pour le contexte matériel des techniques et la proximité des domaines industriels.

Dans la mesure où ils associent souvent la Productique à la TSA dans leur système d’options, ces élèves transportent dans leurs attentes et leurs stratégies en TSA une vision de la technologie scolaire qui reste proche de celle que l’on rencontre chez les élèves des sections techniques antérieures. L’approche globale en termes de système leur permet de ne pas ressentir de coupure entre les discours plus théoriques de la mécanique ou de l’automatisme et leurs mises en œuvre dans des fonctionnements et des caractéristiques technologiques particularisées. L’organisation des séances de TSA leur convient donc parfaitement. D’emblée, ils se trouvent aussi capables de poser des questions pertinentes à l’enseignant, en raison d’abord de leur souci de suivre une question technique jusqu’à sa réalisation, ce qui multiplie les points de vue à partir desquels le dialogue peut naître, et ensuite grâce aux habitudes d’une familiarité et d’une individualisation plus intense des rapports maître-élèves telles que celles-ci fonctionnent en ateliers. En revanche, les contrôles de connaissances manifestent souvent leur difficulté à construire des explications formalisées hors contexte technique.

comprendre et
apprendre ne
suffisent pas
pour réussir

CONCLUSIONS

Quel que soit le caractère forcé des traits ainsi dessinés par les trois portraits contrastés, une première conclusion peut être proposée. La compréhension endogène des attitudes des divers types d’élèves repérés passe par la prise en compte de deux conditions de fonctionnement du contrat didactique :

- l’activité de l’élève acceptant la dévolution d’une part de responsabilité dans ses apprentissages ;

- ceux-ci n'ont des chances d'émerger, au-delà des tâches et des activités, comme construction de savoirs, que si les élèves effectuent une double rupture : avec les contrats scolaires les plus coutumiers, et avec l'allure de successions juxtaposées des tâches imposées.

le professeur,
médiateur
des prises de
conscience

La typologie repérée par cette étude n'apporterait rien de neuf, si elle se contentait d'affirmer que l'activité de certains élèves rejoint assez fidèlement le projet prescrit, alors que d'autres s'y dérobent. Le cadre explicatif proposé tente de montrer que l'élève déploie des stratégies diverses qui en font un acteur plus ou moins performant par rapport aux attentes du programme de formation. Chaque stratégie correspond à une logique qui, partiellement, répond à ces attentes, mais peut aussi ne pas en saisir tous les aspects nécessaires. Les "concepteurs" ne sont pas de bons élèves par essence, mais parce que le sens qu'ils construisent à travers leurs activités correspond fidèlement au contrat, implicite bien sûr, qui sous-tend la TSA ; mais leur conception de l'univers technique fait bon marché de la distance qui existe entre projet et réalisation. Les "réalisateurs" courent sans cesse le risque de se laisser prendre à l'apparente évidence de l'activité réussie, et de ne construire du sens qu'autour des systèmes considérés pour eux-mêmes et non comme lieux de validation d'une conception dont ils sont l'instrument. Les "scolaires" sont floués par les habitudes liées aux situations d'apprentissages dont ils sont coutumiers, et leur fixation privilégiée s'opère sur les tâches qu'ils considèrent comme des pièges dont un cours traditionnel les délivrerait, s'il leur apprenait *a priori* ce qu'on leur demande de comprendre. Une stratégie optimale consisterait à ajuster les passages nécessaires d'une logique à l'autre au gré des fonctionnements didactiques successifs.

les activités
maîtrisées
nécessitent des
apprentissages
particuliers

Deux conditions supplémentaires pourraient faciliter l'apprentissage de chacune des catégories ainsi repérées. D'une part, l'aide des professeurs pour élargir la logique de chacun de ces types d'élèves en leur faisant percevoir la part de justesse et les limites de leur logique, principale le plus souvent, exclusive peut-être parfois ; d'autre part, l'apprentissage des méthodologies de fonctionnement fondamentales du dispositif de TSA, par exemple les finalités et les modalités du travail de groupe et des techniques pour maîtriser les copieuses documentations proposées.

Bernard HOSTEIN
IUFM d'Aquitaine,
LADIST-Université Bordeaux 1

BIBLIOGRAPHIE

BROUSSEAU G., 1984, "Le rôle central du contrat didactique dans l'analyse et la construction des situations d'enseignement et d'apprentissage", in *Actes du colloque de la 3ème université d'été de didactique des mathématiques d'Olivet*.

BROUSSEAU G., 1986, "Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques", *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 7.2, Grenoble, La pensée Sauvage, pp. 33-116.

BROUSSEAU G., 1988, "Le contrat didactique : le milieu", *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 9,3, pp. 309-336.

BULLINGER A., 1987, "The movement or its control", *European Journal of Cognitive Psychology*, vol. 7, n° 2.

FAYOL M., MONTEIL J.-M., 1994, "Stratégies d'apprentissage / Apprentissage de stratégies", *Revue Française de Pédagogie*, 106, pp. 91-110.

HOSTEIN B., 1992, "Les enseignements techniques, voies spécifiques de formation pour les années 2000 ?" in A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvag (éds), *Années 2000, enjeux et ressources de la formation et de la culture scientifiques et techniques. Actes des 14èmes journées internationales de Chamonix*, Paris, Univ. Paris 7.

IDHE D., 1979, *Technics and Praxis*. Dordrecht, D. Reidel Publishing Company.

JOHNSON-LAIRD P.N., 1990, *Mental models. Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*, Cambridge, New-York, Port-Chester, Melbourne, Sydney, Cambridge University Press.

JOURDAN L., AUBLIN M., 1993, "Les apports spécifiques des activités technologiques aux divers niveaux de formation" in Martinand J.-L., Méheut M. (resp), *Séminaire de didactique des disciplines technologiques 1991-1992*, Paris, LIREST, CFPET, INRP, Publ. Assoc. Tour 123, pp. 33-44.

LE MOIGNE J.-L.,(dir. de), 1986, *Intelligence des mécanismes, mécanismes de l'intelligence*, Paris, Fayard-Fondation Diderot.

MARGOLINAS C., 1995, "La structuration du milieu et ses apports dans l'analyse a posteriori des situations", in Margolinas C. (coord.) *Les débats de didactique des mathématiques*, Grenoble, La pensée sauvage, pp. 89-102.

MARTINAND J.-L., 1992, "Enjeux et ressources de l'éducation scientifique. Introduction au thème", in A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvag (éds), *Années 2000, enjeux et ressources de la formation et de la culture scientifiques et techniques. Actes des 14èmes journées internationales de Chamonix*, Paris, Univ. Paris 7.

- MARTINAND J.-L., 1995, "Rudiments d'épistémologie appliquée pour une discipline nouvelle : la technologie", in Develay M. (dir.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines. Une encyclopédie pour aujourd'hui*, Paris, ESF, pp. 339-352.
- MERLE P., 1993, "Quelques aspects du métier d'élève en classe terminale : effets de la section d'enseignement et des hiérarchies disciplinaires", in *Revue française de pédagogie*, 105, pp. 59-69.
- PERRENOUD Ph., 1994, *Métier d'élève et sens du travail scolaire*, Paris, ESF.
- PERRIN J., 1988, *Comment naissent les techniques*, Paris, Publisud.
- RABARDEL P., 1995, *Les hommes et les techniques, Approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, Armand Colin.
- SAMURCAY R., PASTRE P., 1995, "La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences", *Éducation permanente*, n°123/ 1995-2, pp. 13-31.
- SCARDIGLI V., 1992, *Les sens de la technique*, Paris, PUF.
- SIEGLER R.S., JENKINS E., 1989, *How children discover new strategies*, Hillsdale, N.J., Erlbaum.
- WEILL-FASSINA A., RABARDEL P., BALDY Y., CHATILLON J.-F., DAVIES T.N., VERMERSCH P., NEBOIT M., LAYA O., 1985, "Apprentissage et utilisation du dessin technique" in *Le travail humain*, 48, 4, pp. 301-371.
- WEILL-FASSINA A., RABARDEL P., DUBOIS D., (dir.), 1994, *Représentations pour l'action*, Toulouse, Octares éd.
- VERMERSCH P., 1993, *L'entretien d'explicitation*, Paris, ESF.
- WEBER M., 1913, *Essai sur quelques concepts de la sociologie compréhensive*, repris chapitre 1 de *Économie et Société*, t.1, Paris, Plon, 1965.

ANNEXE : QUESTIONNAIRE DONNÉ AUX ÉLÈVES

LES ENSEIGNEMENTS DE TSA TELS QUE VOUS LES APPRÉCIEZ

*Ce questionnaire est destiné à recueillir des informations pour une recherche ; il ne vise pas à vous évaluer. Il voudrait mieux préciser les atouts et les obstacles qui font la plus ou moins grande réussite des élèves dans cette discipline. L'anonymat des réponses est garanti. Son dépouillement se fera dans un cadre universitaire indépendant de votre établissement.
Merci de vos réponses et de leur sincérité.*

Vous avez choisi l'option TSA pour...⁽¹⁾

	Pas du tout	Un peu	Beaucoup	Absolument
... entrer dans le Lycée de votre choix				
... poursuivre en baccalauréat de Technologie (précisez lequel :.....)				
... poursuivre un autre bac.(précisez lequel :.....)				
... autre raison, précisez :.....				

Vous appréciez, en option TSA...⁽¹⁾

	Pas du tout	Un peu	Beaucoup	Absolument
...les travaux sur dossiers				
...les dessins avec ordinateur				
...les observations de systèmes techniques (maquettes, de machines, bras manipulateur, etc.)				
...le dessin sur planches				
...les travaux sur ordinateurs				
...les manipulations de systèmes techniques				
...autres (précisez) :				

Quelles méthodes de travail vous plaisent le plus en TSA⁽¹⁾

	Pas du tout	Un peu	Beaucoup	Absolument
...les travaux individuels				
...les travaux en petits groupes				
...les cours du professeur à toute la classe				
...autres (précisez) :				

TOURNEZ LA PAGE.

(1) Mettez une croix (X) dans la case correspondant à votre opinion

Quand vous avez des difficultés à réaliser les tâches demandées, ce qui vous aide surtout ce sont :(1)

	Pas du tout	Un peu	Beaucoup	Absolument
...les explications d'un camarade				
...les observations du système technique réel				
...les explications du professeur				
...les manipulations sur le système réel				
...les dossiers documentaires				
...autres aides				
.....				

Au cours des enseignements de Technologie en Collèges, vous avez déjà pratiqué... (1)

	Pas du tout	Un peu	Beaucoup	Absolument
...le dessin technique				
...les automatismes				
...l'électronique				
...le travail sur ordinateur				
...autres activités (précisez).....				
.....				

Quelles sont, d'après votre expérience, les ressemblances et les différences entre l'enseignement de la technologie en Collèges, et celui que vous suivez en Lycées ?

Vos résultats en TSA sont-ils : **très bons ? assez bons ? moyens ?**
assez faibles ? très faibles ? (2)

Avez-vous aussi suivi cette année l'option "Productique" ? **OUI NON(2)**

Si vous avez d'autres choses à exprimer sur l'enseignement de TSA tel que vous le voyez, n'hésitez pas à l'écrire ci-dessous :

ET MERCI DE VOS RÉPONSES !!

2) Entourez la réponse qui convient

UTILISATION RAISONNÉE DES INSTRUMENTS MICRO-INFORMATIQUES DANS LES DISCIPLINES DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

Jean-François Lévy

Cet article présente des réflexions sur les problèmes posés par l'introduction et la mise en œuvre des instruments micro-informatiques dans des situations d'aide aux acquisitions disciplinaires de l'enseignement secondaire. S'appuyant sur des observations de situations scolaires et de formation d'enseignants, on tente de mettre en évidence des éléments pouvant expliciter les difficultés rencontrées dans l'utilisation de ces nouvelles technologies dans le cadre pédagogique.

La généralisation de l'usage des technologies de l'information dans toutes les activités (professionnelles et personnelles) des individus implique l'institution éducative en tant que vecteur de formation, comme elle l'est pour les enseignements fondamentaux et les technologies déjà amplement vulgarisées. Aussi, parler de l'introduction de l'informatique dans l'éducation à propos de l'enseignement de la technologie nous semble se justifier de plusieurs points de vue. Tout d'abord, il s'agit d'introduire un dispositif éminemment "technologique" dans la sphère scolaire. Ensuite, ce dispositif n'est pas complètement transparent dans la relation d'apprentissage... sa place n'est ainsi pas évidente à définir.

L'implication des technologies informatiques est encore plus problématique, nous semble-t-il, lorsque la fonction de l'ordinateur est imbriquée dans une notion d'aide aux acquisitions disciplinaires.

l'ordinateur peut aider aux acquisitions, mais est-ce si facile qu'on le dit ?

Nous avons exploré récemment ce domaine [Lévy, 1995] et souhaiterions en communiquer ici certains aspects. Il nous semble en effet que les usages de l'ordinateur dans les disciplines, par une présence actuelle très fréquente, porteuse de beaucoup d'espoirs - et peut-être d'illusions ? - posent des questions voisines de celles rencontrées dans le domaine de l'apprentissage d'une technologie, même (et *a fortiori*) si cette technologie possède le statut d'instrument par rapport à une discipline - et pas seulement le statut d'objet disciplinaire en soi.

Il semblerait cependant que les conséquences (tant) attendues des nouvelles technologies ne soient pas tout à fait à la mesure des possibilités réelles de leur intégration. Les efforts entrepris dans ce sens depuis plus de vingt ans maintenant n'ont pas éliminé toutes les difficultés, voire certains échecs cuisants. Nous n'aurons pas la prétention d'analyser ici les causes très diverses de ces difficultés ;

nous nous contenterons de décrire certaines de celles qui nous ont été données à observer lors de nos récents travaux de recherche.

Rappelons qu'avec l'ordinateur on peut :

- aider des apprenants pour des acquisitions générales de raisonnements (d'ordre logique) ; on utilise pour cela des logiciels spécifiques d'aide au développement de la pensée logique ("Ordinateur Outil Cognitif", [Marchand, 1993]), que l'on peut utiliser dans des situations très diverses, dont notamment la formation des adultes dits "de bas niveaux de qualification" [Malglaiive, 1990] ;
- faire acquérir aux apprenants la maîtrise de l'outil informatique, soit pour des utilisations très générales, par exemple avec des outils de la bureautique, soit pour des applications particulières dans le cadre d'enseignements techniques et professionnels spécialisés (industriel, tertiaire, etc.). Il s'agit alors de mettre en œuvre des logiciels en rapport direct avec les contenus enseignés. Nous plaçons également ici le cas de la technologie-discipline (en collège) qui utilise des logiciels généraux (traitement de texte, tableurs, logiciels de dessin...) pour développer des acquisitions de connaissances techniques directement liées à l'ordinateur, et des savoir-faire d'initiation ;
- améliorer "l'efficacité" de l'enseignement d'une discipline, c'est là que se place l'ordinateur en tant qu'instrument d'aide aux acquisitions. Pour ces usages, les moyens technologiques et les méthodes commencent à émerger rationnellement, soit au travers d'utilisations de logiciels généraux (traitement de texte, tableur, hypertexte) soit par la conception et la diffusion de logiciels finalisés, les "didacticiels", que l'on trouve maintenant dans de nombreuses disciplines.

trois usages
possibles pour
l'éducation...

Les domaines de la physique et de la biologie sont particulièrement riches : l'ordinateur peut y être utilisé comme instrument de mesure, de représentation graphique et de simulation pour étudier des phénomènes physico-chimiques de toutes sortes ; des logiciels d'EXpérimentation Assistée par Ordinateur (EXAO) offrent une souplesse qui permet de mettre les apprenants dans des situations de constructions expérimentales (au sens disciplinaire). L'utilisation de plus en plus fréquente de bases de données biologiques (génétique) a fait émerger un nouvel usage et partant, un nouveau besoin.

... dont la
plus connue
aujourd'hui :
l'EXAO

Malgré la diffusion actuelle de l'informatique dans le grand public et le mythe de sa facilité d'usage, soigneusement entretenu par les constructeurs pour des raisons évidentes, nous avons pu observer sur les terrains un certain nombre de difficultés dans la mise en pratique effective de ces instruments. Outre les questions - non négligeables - de politique d'équipement, de coût des matériels, de conditions d'installation et de maintenance dans les établissements ; outre les difficultés à se situer dans une évolution technolo-

des difficultés
sur les terrains

gique "galopante" (de nouveaux "concepts" commerciaux, de nouveaux sigles incompréhensibles...), le problème central semble bien être celui de l'appropriation par les usagers et leurs formateurs de notions et de concepts spécifiques, même si la nature de ces concepts et les modalités des formations nécessaires font encore l'objet de débats et restent à préciser selon les secteurs et les publics concernés.

L'objet principal de notre propos sera donc de tenter une clarification de ces questions.

1. L'HYPOTHÈSE DE RUPTURE TECHNOLOGIQUE

Notre analyse des difficultés repose sur une première hypothèse qui tient aux spécificités de l'instrument informatique et des conséquences de celles-ci dans les interactions apprenant-instrument-formateur.

1.1. Rupture et continuité

Les relations entre les hommes et leurs productions technologiques font l'objet d'études depuis longtemps déjà.

La notion de système technique [Gille, 1978] prend en compte, outre les aspects purement technologiques, les dimensions sociales et économiques, ce qui resitue la démarche technique dans un ensemble cohérent d'activités humaines.

Les objets techniques évoluent selon des lignées [Deforge, 1985], familles d'objets répondant à un même besoin et à une même finalité, dans lesquelles on peut déceler une organisation des solutions techniques de plus en plus rationnelle et sophistiquée [Simondon, 1969] (1). Cette analyse des lignées, reprise par d'autres auteurs [Perrin, 1991] permet d'avancer l'hypothèse, contraire au sens commun, que les techniques progressent sans réelles ruptures ou révolutions ; dans l'enchaînement des découvertes technologiques, il y aurait une grande continuité quand on examine les objets, leur production et leur utilisation avec un regard intégrant non seulement la technique, mais également les dimensions économiques et sociales : continuité de besoins, de réponse à des nécessités socialement exprimées, etc.

Mais il est encore trop tôt pour trouver dans la littérature des éléments de réflexion sur des notions de continuité ou

(1) G. Simondon met en évidence l'évolution des objets techniques vers une plus grande intégration lorsque des fonctions partielles, réalisées au départ par des éléments séparés, finissent par être assurées par un nombre de pièces de plus en plus réduit. L'objet passe alors d'abstrait à concret. On pourrait proposer une caractérisation similaire à propos du passage de DOS à WINDOWS : les possibilités de communications inter-applications, par exemple, rendraient les systèmes d'exploitation plus "concrets".

l'ordinateur :
une technologie
"en rupture"...

de rupture qui relierait les micro-ordinateurs à un passé technologique antérieur, dans ou hors de l'informatique [Breton, 1990]. L'impossibilité de prévoir à long terme les développements de la micro-informatique d'un point de vue technique (matériels et logiciels) et surtout l'absence d'une analyse prospective des utilisations et des utilisateurs de ces dispositifs rend l'analyse plus complexe : entre les pratiques domestiques inclassables et les usages professionnels très finalisés, une palette d'interactions "utilisateur-système" échappe encore à toute formalisation (2).

Notre réflexion vient un peu à contresens de cette hypothèse de continuité : nous considérons en effet que l'introduction de l'instrument informatique induirait chez les utilisateurs une notion de rupture technologique, due principalement au changement de finalités, de structures et de fonctionnement de cet objet nouveau : le passage du matériel à l'immatériel (l'information) et l'abstraction consécutive marqueraient alors massivement les processus d'appropriation de l'outil.

1.2. Éléments de caractérisation de la rupture

... aux
caractéristiques
bien spécifiques

Les processus techniques sont profondément modifiés dans leurs finalités et dans leurs structures par leur informatisation : un logiciel de traitement de texte, de CAO ou de DAO (3) ouvre des possibilités inimaginables (au sens propre) pour un utilisateur débutant mis en sa présence, ce qui peut l'empêcher d'élaborer des stratégies d'action en rapport avec les possibilités de l'outil (4).

Les principes et les structures de fonctionnement spécifiques des ordinateurs (réalisation séquentielle d'instructions, architecture de mémorisation, structures de données arborescentes, etc.) constituent un élément fondamental de rupture : on ne trouvait pas jusqu'à présent un tel nombre de dispositifs originaux réunis dans un ensemble cohérent (il existait certains éléments séparés, de mise en œuvre plus aisée).

-
- (2) Les auteurs cités appuient leurs arguments sur la continuité de lignées en référence à des besoins et des fonctions précises ; or l'ordinateur est de plus en plus un dispositif "à tout faire". Cette caractéristique bien spécifique le rend encore plus inclassable dans ce genre de typologie.
 - (3) Conception Assistée par Ordinateur et Dessin Assisté par Ordinateur (en mécanique, électronique, etc.).
 - (4) Nous avons observé ce phénomène lors de l'introduction du traitement de texte "à la place" de la machine à écrire dans les enseignements professionnels tertiaires [Lévy, 1993] : les apprenants utilisaient le logiciel dans des modes de fonctionnement très proches de ceux qu'ils connaissaient sur machine à écrire, parce qu'ils n'étaient pas capables d'imaginer spontanément que l'on puisse faire autrement...

Lorsqu'on passe du domaine des dispositifs mécaniques (par exemple) à celui des systèmes de traitement de l'information, les échelles de temps et d'espace varient considérablement (de l'ordre de 10^{-6} seconde et mm) ; ce changement, dû à la technologie électronique, a pour conséquence de diminuer, médiatiser, voire supprimer les possibilités d'observation directe de l'utilisateur, qui ne peut plus en inférer des liens de causalité entre actions et effets.

2. CONSÉQUENCES DE LA RUPTURE TECHNOLOGIQUE

L'hypothèse de cette rupture entraîne une conséquence fondamentale pour les utilisations éducatives des nouvelles technologies : l'appropriation de l'instrument d'aide aux acquisitions (disciplinaires) nécessite elle-même des acquisitions spécifiques originales, non triviales, qui posent alors deux ordres de problèmes :

l'appropriation
de l'instrument
est
problématique

- la question de l'acquisition de connaissances et de savoir-faire importants parallèlement et dans le but des acquisitions disciplinaires : l'instrument censé aider amène un surcroît de travail. Le bilan est-il positif ? Nous ne discuterons pas ici de cette question, mais elle reste ouverte ;
- les problèmes spécifiques à ces acquisitions : en première analyse, nous pouvons les caractériser par la perte de références connues et un manque d'adéquation des outils cognitifs habituels (traditionnellement utilisés avec d'autres instruments).

Comment s'adapter à cette évolution sur les plans pédagogique et didactique ?

2.1. Définir les acquisitions nécessaires à l'usage de l'instrument

Apprendre à utiliser un système micro-informatique, c'est construire des représentations mentales du dispositif technique, acquérir des savoir-faire, être capable d'effectuer des transferts et des généralisations nécessités par la diversité des situations d'utilisation pour réaliser des tâches de manière pertinente (puis optimale) en interaction permanente avec cet instrument (5).

Le premier problème est donc de définir quelles sont les connaissances nécessaires à cette maîtrise des systèmes informatisés.

quelles
connaissances
pour sa maîtrise ?

Nous ne pouvons pas nous référer à un corpus de connaissances établies, reconnues par la communauté scientifique et utilisées comme référence, comme cela se passe dans des

(5) Ces tâches sont à considérer comme des outils dans le contexte de l'aide aux acquisitions disciplinaires.

disciplines classiques (mathématiques, etc.), parce que les connaissances "théoriques" de l'informatique appartiennent à ce que l'on nomme la "science informatique" et n'ont qu'un lointain rapport avec la pratique concrète de l'ordinateur.

Cependant, certaines notions apparaissent nécessaires à cette pratique : l'existence d'éléments de mémorisation capables de conserver l'information, l'organisation des données en fichiers, documents, etc. qui conditionne les moyens d'y accéder sont des véritables connaissances dont on ne peut se passer.

et quels
savoir-faire ?

Nous voyons apparaître une première distinction, qu'il nous faut expliciter, entre différents types de connaissances, et notamment entre "connaissances (théoriques)" et "savoir-faire", si nous parlons de pratiques. Cette dernière catégorie est l'une des caractéristiques des activités technologiques en général, qui s'actualise au niveau des technologies de l'informatique par des difficultés inhérentes à leurs spécificités, notamment l'abstraction.

• *Les représentations préexistantes*

La connaissance des représentations préexistantes des apprenants peut permettre de savoir sur quels points doivent porter les efforts initiaux des enseignants pour construire des éléments immédiatement compréhensibles par les élèves et utilisables dès les premiers exercices.

des mythes
contemporains

Le sujet dispose toujours de connaissances sur un domaine avant d'apprendre ; elles sont souvent erronées ou incomplètes et s'érigent en "obstacles épistémologiques" [Bachelard, 1947]. Dans les connaissances informatiques des utilisateurs (et souvent des formateurs), il circule à plusieurs niveaux beaucoup d'idées "spontanées", dont bon nombre fonctionnent comme de véritables "mythes modernes" (6). Nos recherches et les résultats des observations dans le public scolaire sont très voisines de celles que mentionnait J. Toussaint à propos de l'abord de l'informatique par les automatismes [Toussaint, 1990] : nous pouvons mettre en évidence d'une part l'aspect magique des dispositifs, totalement inexplicables (au sens propre, ce qui pourrait bien être un frein aux acquisitions, dans la mesure où le dispositif "domine" l'apprenant et que celui-ci l'accepte ainsi), et d'autre part l'anthropomorphisme (et tout ce qui touche aux "robots") dont nous reparlerons plus loin.

Ces représentations préexistantes sont en pleine évolution depuis la diffusion des micro-ordinateurs dans le grand public ; on en perçoit cependant des constantes, surtout chez les enfants (chez les adultes observés, elles sont plus rationalisées, mais il peut cependant en découler des images assez imprécises).

(6) À relier aux représentations sociales [Moscovici, 1961].

• **Représentations, conceptions, connaissances et traitements**

Représentations, conceptions, connaissances et traitements ont fait l'objet de définitions variées par plusieurs auteurs [Giordan et De Vecchi, 1987], [Hoc, 1987], [Richard, 1990]. Nous pouvons facilement appliquer certaines de ces distinctions à nos domaines. Le fait d'attribuer le terme "connaissance" à des entités permanentes et indépendantes de la tâche et "représentation" à des éléments temporaires, contextualisés et finalisés peut renforcer une catégorisation mettant en relief les problèmes rencontrés pour utiliser différentes possibilités de l'ordinateur (par exemple les différentes applications de bureautique : traitement de texte, tableur, bases de données) dans des contextes voisins mais non identiques, pour lesquels des connaissances générales communes sont indispensables.

un débat
théorique sur
les connaissances
et les savoir-faire...

La distinction entre connaissances déclaratives et connaissances procédurales introduit la problématique savoirs/savoir-faire : les connaissances déclaratives sont des savoirs, des faits ; elles ont un caractère statique, par exemple des propriétés des objets ; les connaissances procédurales seraient de l'ordre des savoir-faire ; dynamiques, elles sont liées par exemple à des traitements ; elles s'acquièrent essentiellement par l'action.

Cependant la partition déclaratif/procédural [Hoc, 1987] ne fait pas l'unanimité, notamment chez Vergnaud [1985a et b] : on ne peut pas séparer en fait ce qui relève des connaissances de ce qui concerne l'action, puisque les unes s'acquièrent par l'autre, mais on peut distinguer entre connaissances conceptuelles et connaissances en actes ; pour ces dernières, le sujet est capable d'apprendre et d'effectuer des actions et opérations pertinentes (7) sans les expliciter et sans avoir réalisé les conceptualisations qui les supportent (les connaissances abstraites).

...et sur
les acquisitions
des unes par
les autres

Cette notion est cruciale dans nos domaines, car elle renvoie au questionnement suivant : peut-on conceptualiser à partir d'acquis de type "connaissances-en-actes" ? Selon Malglaive [1990], il est possible de faire parvenir des apprenants à des conceptualisations par un travail partant d'acquisitions de savoir-faire ("les savoirs en usage"). C'est la justification des recherches sur la formation des adultes dits de "bas niveaux de qualification" qui semble apporter quelques résultats dans des domaines bien délimités. Ces idées sont aussi au fondement des objectifs des "classes technologiques" (Quatrième et Troisième de collèves pour les élèves en difficultés).

(7) Cette catégorie est à rapprocher des "modes opératoires" enseignés largement dans les formations professionnelles à l'époque des débuts du traitement de texte (voir note sur la machine à écrire).

Mais cette réponse positive s'appuie sur des activités se déroulant dans un univers technologique "classique", à base de dispositifs physiques observables ; les hypothèses que nous formulons sur la rupture nous font douter de cette possibilité en informatique, en raison des caractéristiques très spécifiques du domaine, notamment les difficultés d'observation directe et la forte dominante de l'abstraction (8).

Il est donc nécessaire de prendre en compte les conséquences de cette hypothèse : si l'acquisition de connaissances en actes ne conduit pas obligatoirement à des conceptualisations pertinentes, il faut enseigner conjointement des concepts et des savoir-faire. Comment peut-on les choisir, les organiser et les transmettre ?

2.2. Les outils cognitifs

Une fois caractérisés globalement les connaissances et savoir-faire, se pose le problème des outils cognitifs permettant leur appropriation.

les outils
d'appropriation
ne sont pas
originaux :

Nos observations sur les apprenants (élèves et enseignants stagiaires) nous ont permis de situer les difficultés dans le type de raisonnement le plus utilisé et le plus efficace dans la plupart des domaines de connaissances : le raisonnement par analogie. Nous accorderons également une mention particulière à l'anthropomorphisme, très présent dans les interactions avec "l'objet magique" ordinateur.

• *Le raisonnement par analogie*

Le raisonnement par analogie occupe ici une place à la fois importante et contradictoire : en effet, s'agissant de processus informatisés dont l'apprenant connaît les "versions antérieures" (les dispositifs non informatisés), la tentation est grande d'établir des comparaisons - avant et après informatisation. Or, comme nous l'avons déjà mentionné, les processus en question sont le plus souvent complètement transformés par cette opération.

l'analogie,
apparemment
d'usage facile...

Le raisonnement par analogie est fondé sur la possibilité pour le sujet d'établir des relations constructives entre un univers de référence (la source) et celui sur lequel il projette (le but) ; la rupture technologique pourrait empêcher l'efficacité de ces relations, de par la distance trop grande qu'elle instaure entre les deux univers, distance tenant à la nature complètement originale de l'univers but.

Cauzinille-Marmèche, Mathieu et Weil-Barais [1983] émettent une hypothèse selon laquelle le transfert serait facilité quand les sujets ont élaboré des solutions à un certain niveau d'abstraction. Or ce qui pourrait faire défaut aux uti-

(8) Cf. Lévy [1993] : la pratique des "modes opératoires" dans l'enseignement du traitement de texte dans les formations tertiaires ne conduisait pas aux conceptualisations ; les apprenants en restaient à des savoir-faire "indépassables".

lisateurs non experts dans nos situations, c'est justement le processus d'abstraction, ou plus précisément les capacités pour réaliser des abstractions face au problème posé, dans une situation donnée.

... est
une opération
(très) abstraite,

En effet, l'informatique exige de réaliser des opérations abstraites sur des objets abstraits. L'utilisateur doit donc se livrer à une double démarche d'abstraction : abstraire les objets, c'est-à-dire passer des objets concrets (feuille de papier, dossier) à leurs représentations (images fait écran, fichiers), et abstraire les opérations, à savoir passer à des opérations médiatisées par des éléments de langages formels (si simples soient-ils).

L'exemple des environnements graphiques de type WINDOWS ou MACINTOSH, conçus pour "passer" facilement alors que beaucoup de débutants n'y arrivent pas, est caractéristique de ces difficultés : la manipulation des fenêtres fait mettre en œuvre implicitement un raisonnement par analogie qui assimile ces objets à des feuilles de papier superposées. Cette analogie était évidemment intentionnelle de la part des concepteurs du logiciel, mais pour l'utilisateur débutant, la notion d'activation de fenêtre n'a pas vraiment son équivalent dans le domaine source (mettre la feuille sélectionnée sur le dessus ?). De même, la hiérarchie dossier/document, principe si simple et si utilisé dans le domaine "papier" fonctionne mal dans une structure informatisée "analogue" [Lévy, 1993].

Le problème posé est donc celui d'une conceptualisation des principes de fonctionnement nécessaires aux utilisations les plus courantes. Car d'une manière générale, les environnements graphiques actuels sont promus par des arguments mettant en avant leurs facilités de mise en œuvre sans nécessité de compréhension profonde, ce qui, à notre sens, est tout à fait faux : toutes les observations ont confirmé que les apprenants atteignaient très vite - dans leurs capacités d'utilisation des systèmes - des limites qui devenaient infranchissables par des acquisitions de l'ordre du seul savoir-faire.

• *L'anthropomorphisme*

L'anthropomorphisme, identification du système informatique à une personne humaine, dans toutes ses capacités de raisonnement et d'action, a des conséquences importantes : il n'est pas rare d'entendre des apprenants et même des formateurs dire "l'ordinateur fait ceci ou cela...", formulation loin d'être gratuite ! Nous avons par exemple observé, lors de l'apprentissage d'un logiciel de comptabilité, des confusions de ce type entre le rôle de l'ordinateur - en principe chargé uniquement de tester l'égalité des écritures comptables - et le rôle de l'utilisateur, qui est de saisir les écritures justes. Dans l'esprit de l'élève, dès que l'ordinateur avait accepté l'écriture en raison de son égalité comptable, celle-ci était forcément exacte - au niveau des valeurs ; l'or-

et l'anthropomorphisme est abusif (dans la plupart des cas)

dinateur semblait ainsi dispenser l'élève du moindre contrôle de vraisemblance, ce dernier attribuant au premier une capacité de réflexion "humaine".

Si certaines formes d'anthropomorphisme peuvent avoir des effets positifs, faisant par exemple prendre conscience du déroulement séquentiel d'actions enchaînées ou d'expressions conditionnelles (SI, ALORS, SINON), l'abus de leur utilisation représente un danger pour la compréhension des frontières du dispositif et, partant, des rôles attribués à chacune des parties dans l'interaction "utilisateur-système".

3. OBSERVATIONS ET RÉSULTATS SUR LES APPRENANTS

Les observations et expérimentations réalisées dans le cadre de l'étude [Lévy, 1995] nous ont permis de valider partiellement les hypothèses relatives à la rupture et à ses conséquences en matière d'acquisitions et d'outils de raisonnement. Nous rapportons des exemples sur la construction par les apprenants de la notion de mémoire, puis une hypothèse plus générale sur l'élaboration globale du système. Enfin une observation de stage d'enseignants met en relief l'importance de l'évolution technologique sur le comportement des apprenants.

3.1. Un exemple : la notion de mémoire et ses localisations physiques

L'écran semble être un des composants les plus importants du dispositif, en tant que tel et dans ses relations avec la notion de mémoire. Son aspect mythique dans les représentations sociales est très présent : "l'objet ordinateur" est avant tout un écran (pour jouer, etc.). L'écran est généralement introduit par le formateur dans une description physique du système comme élément de visualisation, ce qui ramène sa fonction de mémorisation au même niveau que celle conférée à la feuille écrite : on a relevé en lycée professionnel qu'il n'était pas perçu par les élèves comme une lucarne de la mémoire vive, qu'il fonctionnait effectivement pour eux comme une simple feuille de papier sur laquelle on peut écrire ; n'existe que ce qui est visible à l'écran, et *a contrario*, si le document n'est plus visible, "il n'existe plus" (raisonnement courant chez les débutants).

Cette perception de l'écran a été confirmée par une analyse des activités des élèves de collège au moyen de la classification des "registres de fonctionnement intellectuel" de P. Vermersch [1979] : un fonctionnement de l'apprenant de type "registre sensori-moteur" signifierait une carence d'intégration d'une représentation de la fonction mémoire ailleurs

l'écran n'est pas
la mémoire...

qu'à l'écran, celui-ci étant alors considéré comme la seule instance de mémorisation du dispositif.

et une "fenêtre"
informatique
n'est pas une
baie vitrée !

Il apparaît ainsi que l'écran pourrait être présenté à l'apprenant comme un élément conceptuel plus complexe que son seul aspect immédiat, principalement à cause de ses liens avec le concept de mémoire. C'est donc cette dernière notion qui structure l'ensemble ; l'aspect "fenêtre", visualisation partielle par un élément que l'on peut en quelque sorte "promener" sur l'ensemble des données mémorisées n'est pas immédiatement compréhensible, contrairement peut-être à ce que l'on pense assez spontanément - lorsqu'on maîtrise le processus globalement ; l'acception du mot "fenêtre" dans le sens de WINDOWS n'est pas assez opérationnelle chez les débutants pour des raisons voisines, surtout lorsqu'elle est présentée au moyen de l'analogie "feuilles de papier" qui n'est pas très explicative ici.

Ce problème rappelle la construction psychologique de la "permanence de l'objet", qui se transformerait ainsi en informatique : premièrement, nécessité d'une mémoire pour conserver l'information et deuxièmement, permanence de l'information mémorisée hors visualisation à l'écran. Cette double prise de conscience n'est apparemment pas immédiate.

on retrouve l'idée
du "moindre coût
cognitif"

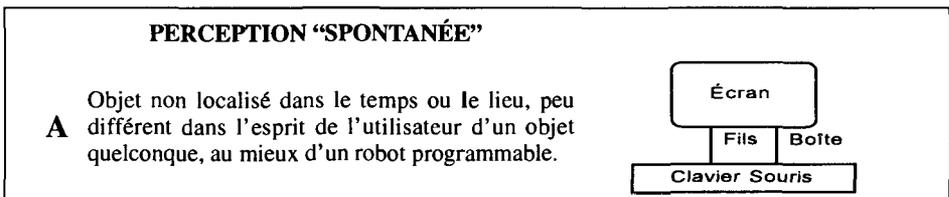
Des expérimentations sur les fonctions ENREGISTRER SOUS et COUPER-COPIER/COLLER (édition en traitement de texte) ont montré que les élèves faisaient preuve d'un comportement "conservateur", cherchant à éluder les problèmes qu'il ne connaissaient pas, préférant tâtonner sans méthode. Une hypothèse a été testée selon laquelle cette dimension de localisation ne suffirait pas à faire engendrer chez l'apprenant une conceptualisation globale satisfaisante parce qu'il n'en a pas absolument besoin pour fonctionner. On pourrait alors différencier les notions de mémoire vive et mémoire de masse en les définissant non pas comme des lieux mais comme des états différents du système, et la relation entre ces deux états non pas en termes de déplacement mais en termes de création. Les résultats de l'expérimentation n'ont pas permis de conclure de manière formelle (9), mais cette expérience mériterait d'être reprise plus systématiquement. On peut cependant conclure en avançant l'hypothèse qu'une démarche d'évitement de type "moindre coût cognitif" serait utilisée ici, sans succès, bien sûr.

(9) En partie à cause des conditions de travail (l'enseignant était son propre observateur) et du faible nombre de sujets.

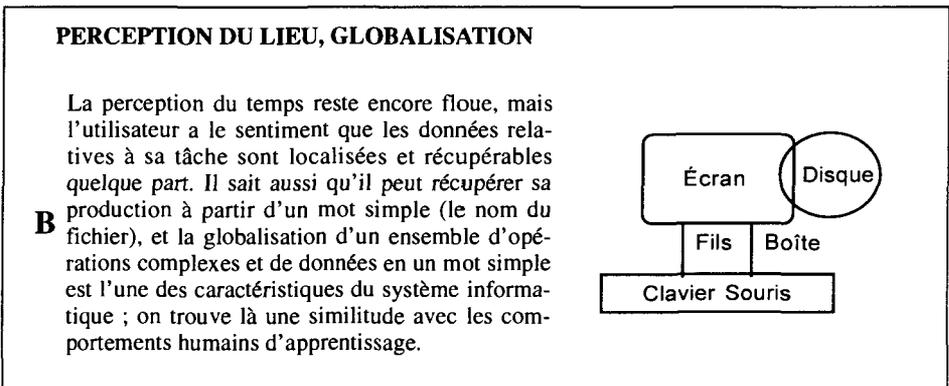
3.2. Une hypothèse de construction globale du système

Un enseignant de terrain (10) a réalisé pendant deux ans une vaste enquête auprès d'élèves de collège et de stagiaires MAFPEN en informatique. Les questionnaires très précis et détaillés étaient construits de manière à faire apparaître le plus explicitement possible des étapes dans la progression des représentations du fonctionnement du système chez les apprenants. Le dépouillement et l'analyse des données de cette enquête a permis d'élaborer une hypothèse sur la construction globale du système informatique par l'apprenant, exposée ci-dessous.

L'image initiale est souvent celle-ci, elle correspond à ce qu'il voit :



Puis, par étapes, notamment par l'emploi de la fonction ENREGISTRER SOUS..., l'utilisateur prend conscience d'une mémoire à long terme et de l'existence du fichier de données.

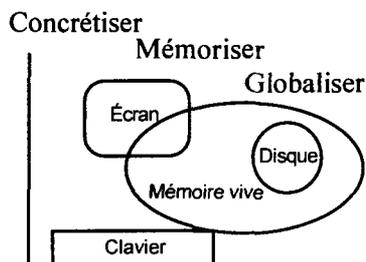


(10) D. Rosso, académie de Toulouse.

Ensuite, par l'emploi de certaines fonctions, notamment COUPER/COLLER, il perçoit l'existence d'une mémoire globale fédératrice de la totalité du système informatique.

PERCEPTION DÉCALÉE PAR RAPPORT AU PRÉSENT

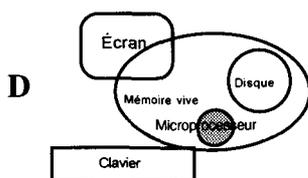
C Les fonctions d'édition viennent consolider la notion précédente. L'utilisateur prend conscience de la construction du réel par assemblage d'unités simples conduisant à des objets complexes (action X), cet assemblage est suivi de l'action m transformant par relation d'équivalence l'objet complexe en un objet simple Y ($Y=mX$). Cela permet aussi de prendre conscience d'une propriété fondamentale du système informatique, créer des objets X en cours de travail mais aussi, à l'inverse, avoir à sa disposition des objets "passés" Y1, Y2, etc.



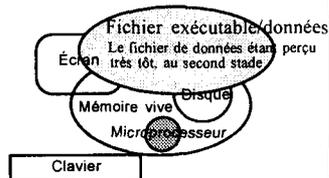
Un tel "découpage" d'une création dans le temps, est, à ma connaissance, seulement possible avec une machine informatique et elle influence considérablement l'organisation de la production. À ce stade, mémoire vive et mémoire de masse ne sont pas forcément dissociées, la seconde n'étant qu'un état "gelé" de la première. Seule importe l'existence de la mémorisation, le lieu passe au second plan (on peut enregistrer sans connaître le lieu, les moyens de plus en plus performants du gestionnaire de fichiers permettant de mieux accepter ce handicap).

Enfin se succèdent les stades ultérieurs où il prend conscience de l'aspect virtuel. Il différencie enfin ce qu'il produit, les données du logiciel qui l'a aidé à les produire. Le concept global est alors construit.

PRISE DE CONSCIENCE DU VIRTUEL



L'utilisateur a l'intuition que la machine lui donne la possibilité de revenir à des situations antérieures, mais aussi qu'il peut simuler des situations à venir.



Les mémoires sont seulement des paliers figés ou dynamiques de l'action en cours de réalisation. Cet aspect touche tout ce qui est interactif et notamment ce qui se développe dans le multimédia pris au sens large, interactif et virtuel. La notion de mémoire de masse, prépondérante et sur laquelle on insiste encore aujourd'hui, cède le pas à celle de mémoire vive au sens large, où les opérations en mémoire globale sont prépondérantes (DDE et OLE). Les données elles-mêmes, grâce aux normalisations de format, ont tendance à ne plus poser des problèmes de conversion, comme si texte, son, image fixe ou animée ne formaient qu'un seul ensemble de nature composite.

Cette construction peut être considérée comme cohérente avec les théories psychologiques généralement admises. Elle s'appuie également sur l'idée que l'apprentissage nécessite du temps pour intégrer des notions complexes comme la mémoire. Cela plaide en faveur de l'étalement d'un appren-

tissage dans la durée, conforme par ailleurs aux conditions générales d'enseignement (sauf dans des situations particulières de formations intensives d'adultes, qui font appel à d'autres techniques, mais qui ne permettent cependant pas de supprimer une phase d'intégration indispensable).

le temps est
un facteur
important

Cette hypothèse n'est pas en contradiction avec celle de la démarche d'évitement de construction du concept de mémoire évoquée plus haut : l'expérimentation relative à la démarche d'évitement a été effectuée dans un temps relativement bref et d'une manière ponctuelle (11) ; en cela, elle ne prenait pas en compte la maturation nécessaire au phénomène de conceptualisation mentionné. C'est donc une sorte de preuve par la négative : sur un travail limité dans le temps, il n'y aurait pas conceptualisation mais plutôt évitement pour réussir (critère majeur) ; mais dans la durée, on ne peut pas conclure. Toujours relativement au temps, nous avons noté que le début de la conceptualisation de la mémoire n'apparaissait qu'à la troisième étape (C), par la prise de conscience des événements passés (et la possibilité d'en retrouver les traces) ; si l'on s'en tient aux deux premières étapes, le sujet fonctionne donc sans ce concept, et les hypothèses ne sont pas contradictoires. L'idée que le sujet peut réaliser des actions "sans concept" est proche de la première étape de la "connaissance en actes", c'est-à-dire d'actions pertinentes avant que la conceptualisation soit véritablement réalisée.

Selon nous, ce "cheminement vers l'abstraction" reflète de manière pertinente la succession des problèmes qui se posent à l'apprenant pendant la conceptualisation du dispositif. Cette construction pourrait être un guide efficace pour élaborer des contenus de formation, notamment concernant l'échelonnement des apports conceptuels pouvant étayer des travaux fondés sur les acquisitions de type savoir-faire. Cela permettrait justement de ne pas vouloir "forcer" le temps, en parlant tout de suite d'architecture complexe de mémoire, par exemple, à un moment où ces informations ont peu de chance d'être assimilées par l'apprenant.

3.3. Comportements contradictoires et évolutions technologiques

une
expérimentation
sur hypertexte...

Toujours dans le cadre de l'étude [Lévy, 1995], un enseignant de philosophie (12) a eu l'occasion d'observer le comportement de stagiaires MAFPEN lors d'une session d'initiation à l'utilisation d'un logiciel hypertexte (CONNEXIONS™). Les caractéristiques du logiciel ont paru de nature à constituer un support d'investigation tout à fait pertinent pour certains aspects de l'étude : le fait qu'un hypertexte recouvre un ensemble d'informations d'au moins trois types différents (du texte, un système d'indexation et

(11) Pour des raisons techniques d'expérimentation en classe.

(12) C. Euriat, académie de Nancy-Metz.

un jeu de liens) le rendait propre à susciter des questions sur les représentations que pouvaient se faire les utilisateurs de la localisation et des flux des informations, sur les écarts entre la logique de fonctionnement du produit et celle des utilisateurs, et d'une façon générale sur le rapport de l'utilisateur à un logiciel qui traite de l'information en la dissociant manifestement de son support visuel.

...confirme
les ambiguïtés
des lieux
de mémoire

Il ressort des observations un certain nombre de points. Tout d'abord une représentation assez confuse de la localisation et des flux de données est de nouveau mise en avant, notamment le rôle de l'écran comme lieu et organe de traitement et de mémorisation des données. Les stagiaires ont éprouvé également des difficultés avec les termes "lire" et "écrire" en mémoire. Nous retrouvons là des confirmations de problèmes déjà relevés (pour les lieux) et de questions d'analogie ("lire" et "écrire" en mémoire ne s'assimilent pas immédiatement à leurs homologues de l'univers du sens commun).

L'entraînement à l'utilisation d'interfaces toujours semblables conduirait peut-être à un apprentissage de type comportementaliste, avec ce qu'il peut avoir d'efficace dans la reproduction de l'identique et d'inefficace (et même de gênant) dans la compréhension du sens de l'action et dans l'appréhension d'une situation nouvelle. Cette contradiction serait due à la tendance actuelle des logiciels à présenter des interfaces de plus en plus uniformes (au moins chez les mêmes constructeurs). Nous pensons cependant que les avantages de cette situation dépassent largement ses inconvénients : que l'on se souvienne des difficultés rencontrées par les utilisateurs il y a quelques années lorsque chaque machine présentait ses particularités et que, justement, il était quasiment impossible de trouver des éléments fédérateurs sans connaissances approfondies de chaque système.

les adultes
rationalisent
leur démarche...

Par ailleurs, il a été constaté chez les stagiaires une sorte de rationalisation fonctionnelle : pour se sortir d'embarras, ils tentent de rapporter le problème qui se pose à des conceptions d'une validité plus générale que celle de la représentation présente dans ce qu'elle a de particulier. Cette démarche est plutôt conforme à une certaine "maturité cognitive" relative à la généralisation des problèmes. Il est évident qu'elle fait la différence avec des apprenants d'un autre niveau (enfants ou adultes peu formés sur un plan général) et qu'elle n'est donc pas applicable à l'ensemble de notre étude.

Enfin, on note une certaine conscience de l'existence d'une logique informatique du produit. Ces conceptions recouvrent le domaine de la localisation des données, de leur déplacement, de leur format, de la distinction entre programme et données. Mais les stagiaires qui ont participé à ces entretiens ne sont pas débutants en informatique ; s'ils ne sont pas non plus experts, ils devraient cependant disposer de concepts dans ce domaine ; or on s'aperçoit qu'ils disposent plutôt de conceptions assez imprécises, auxquelles

ils se réfèrent au besoin. Les explications fournies ou les comportements choisis prennent en compte, d'une manière souvent très intimement liée, d'une part la logique de l'utilisateur qui apparaît comme dominante et relativement claire, et d'autre part la logique de fonctionnement du dispositif, qui se présente comme une contrainte restrictive et plutôt mystérieuse.

...mais
fonctionnent
de manière
contradictoire

Finalement, les représentations des stagiaires comporteraient un noyau très empiriste contenant une contradiction forte : l'opposition entre la conformation aux habitudes et la prise en compte des données de l'expérience récente qui les pousse à s'écarter, au moins temporairement, de ces habitudes. Mais cette contradiction révèle aussi l'existence de marges importantes ouvertes à une prise de conscience de la rationalité d'un produit au-delà des paradoxes que peuvent induire les imperfections techniques et surtout les conflits probables entre les logiques de fonctionnement et les logiques d'utilisation.

4. QUESTIONS DE DIDACTIQUE

Dans la mesure où nous venons de montrer que l'informatique est un instrument nécessitant un processus d'appropriation spécifique, il devient indispensable de penser à la "didactique de l'ordinateur" (13).

De la même manière que l'on a évoqué la transformation des processus par leur informatisation, on peut poser l'hypothèse d'une certaine transformation de l'acte "d'enseigner et d'apprendre" par l'introduction de l'ordinateur dans la relation formateur-formé.

4.1. Les références des savoirs

l'informatique
manque
de cadres
de référence

Les didacticiens des disciplines réfléchissent depuis longtemps déjà (14) aux possibilités d'usage des ordinateurs dans leurs domaines ; ceux des disciplines à "références savantes" (mathématiques et une partie des sciences physiques) se réfèrent souvent avec profit à l'épistémologie pour élaborer des concepts fondamentaux à partir de leurs contenus. Mais les usages de l'ordinateur sont partiellement privés de ces cadres de référence, car l'histoire de l'informatique manque de recul pour prendre en compte les

(13) Didactique "de l'ordinateur" plutôt que "de l'informatique", car ce dernier terme renvoie soit à une pratique davantage tournée vers des activités "d'informaticien", à savoir de formation spécialisée en programmation, etc. soit à des activités non spécialisées, également tournées vers la programmation, mais qui étaient caractéristiques des usages scolaires de l'informatique dans les années 80.

(14) Notamment dans le cadre de leurs associations disciplinaires (mathématiques, sciences physiques, biologie, etc.).

avatars récents des micro-ordinateurs, et le domaine proprement dit de la "science informatique" concerne des théories qui, comme nous l'avons déjà signalé, n'ont pas souvent de relations directes avec nos pratiques.

En conséquence, nous ne pouvons pas utiliser le concept de "*transposition didactique*", élaboré par Chevallard [1985] en mathématiques.

Le concept de "*pratique socio-techniques de référence*" semble mieux adapté à notre domaine : J.-L. Martinand [1986] définit des situations de référence dans des domaines variés d'activités, axés sur des pratiques à caractère technique et scientifique, dans des secteurs sociaux bien spécifiés. Ce concept permet de mieux établir les liens possibles entre enseignements et formations technologiques et professionnels dispensés dans les établissements et lieux spécialisés et des activités extérieures à ces institutions, car il prend en compte tous les aspects des pratiques socialisées (pas seulement les rapports individuels au savoir), facteurs importants dans l'usage de l'informatique.

Toutefois, l'utilisation de l'ordinateur soulève des problèmes qui ne facilitent pas les relations à des références externes :

- les lieux de pratique sont multiples : contrairement à l'exercice d'un "métier classique" industriel ou tertiaire, socialement situé, l'utilisation du micro-ordinateur se diffuse dans toute la société ;
- les buts ne sont pas identiquement définis : il n'y a pratiquement aucun point commun entre le "bricolage domestique" sur traitement de texte (ce sont les connaissances - très empiriques - de l'utilisateur qui définissent les buts accessibles) et l'utilisation d'une station de Publication Assistée par Ordinateur (PAO) chez un éditeur, tâche hautement spécialisée ;
- enfin, s'agissant spécifiquement des activités d'aide aux disciplines, il est difficile de faire entrer ces activités dans une classification professionnelle, même si on peut repérer des invariants forts dans les usages scolaires ou de formation d'adultes qui stabiliseront à terme des pratiques, la diversité des contenus a une influence certaine sur les modes d'utilisation.

Toutes ces situations sont actuellement en évolution rapide et en partie imprévisible. Si nous pouvons miser sur une diffusion de plus en plus importante de la micro-informatique dans l'ensemble de la société, nous ne savons pas comment le public s'adaptera concrètement, ni ce qu'il en fera...

4.2. La transmission des savoirs

Les représentations et conceptions préexistantes, déjà évoquées, posent d'importants problèmes didactiques ; elles sont directement liées à la notion d'"*obstacle épistémologique*", notion spécifiée par G. Bachelard [1947] au milieu

du siècle : les conceptions erronées qu'avaient les étudiants de certaines lois physiques préexistant à leur enseignement s'opposaient, parfois de manière durable, à leur assimilation.

travailler sur
les obstacles

Beaucoup plus récemment, J.-L. Martinand [1986] propose la notion d'“*objectif-obstacle*”, notion didactique dans laquelle la mise en évidence de l'obstacle et la recherche des moyens de le surmonter doivent être considérées comme des démarches formatrices particulièrement efficaces. Ce concept amène à redéfinir la notion de tâche : au plan didactique, une tâche se caractérise par les obstacles qu'elle implique d'affronter et qui constituent les objectifs pour lesquels cette tâche est proposée aux apprenants [Develay, 1995].

Cette approche est reliée ici à une expérimentation réalisée en classe de technologie-collège (15), à partir de l'adaptation du “*modèle pédagogique visant l'abstraction*” de B.-M. Barth [1987 et 1993] appliquée à l'acquisition des concepts de mémoire et d'information en relation avec l'écran.

on peut aussi
s'inspirer
de travaux
d'autres
disciplines...

B.-M. Barth élabore des éléments théoriques et une stratégie érigée en “*modèle pédagogique d'apprentissage*” autour des notions de concept, de conceptualisation et d'attribut. Ses ouvrages posent les bases d'une théorie illustrée par des exemples pris pour beaucoup dans les sciences de la nature. Le “*modèle pédagogique*” proposé consiste à créer une situation de classe basée sur une discussion collective entre l'enseignant et tous les participants, par laquelle émergent des attributs dont on discute la pertinence pour définir le concept objet de la leçon. Après avoir grossièrement séparé les attributs pertinents (“*exemples oui*”) des autres (“*exemples non*”), on affine la classification en montrant leurs caractères plus ou moins essentiels. Une synthèse finale (institutionnalisation) permet de mémoriser à long terme un contenu stabilisé.

Ce domaine d'exemple et la manière dont elle l'utilise nous a fait émettre *a priori* quelques réserves quant à son usage possible en informatique, car l'aspect descriptif (la préoccupation taxinomique est dominante chez les naturalistes) ne permettait pas, à notre avis, de bien prendre en compte les interactions apprenant-dispositif, fondamentales dans les activités avec instruments. Cependant, les résultats ont été jugés qualitativement positifs dans la mesure où les élèves du groupe expérimental ont mieux réagi par la suite devant un problème de gestion de fichiers.

Cette expérience est intéressante pour la dynamique qu'elle apporte dans le fonctionnement du groupe-classe à propos de notions nouvelles qu'il s'agit d'élaborer, souvent à partir d'idées fausses préexistantes chez les apprenants, chose courante en informatique, comme nous l'avons observé. Un autre intérêt de cette séquence est d'avoir montré que l'on

(15) D. Marty, académie de Toulouse.

pouvait adapter ce modèle, initialement conçu pour une taxinomie descriptive, aux situations visant à faire acquérir des savoir-faire, des opérations pratiques sur le dispositif.

4.3. L'utilisation des théories informatiques : une approche technique centrée sur l'objet

Une autre équipe de l'étude [Lévy, 1995] formée de mathématiciens (16) s'est intéressée à une approche des logiciels généraux (et principalement du traitement de texte, objet de nombreux stages) par la théorie des "Langages Orientés Objet", support de langages de programmation de haut niveau et de la plupart des interfaces actuels. Nous avons là un des rares exemples (mais l'avenir nous en apportera certainement d'autres) de convergence fructueuse entre le niveau théorique de la "science informatique" et les utilisations des dispositifs micro-informatique sur le terrain des apprentissages.

...et prendre
appui sur
la "science
informatique"

Un objet, c'est un ensemble de propriétés (les propriétés ou "attributs" d'un caractère dans un document peuvent être la police, la taille...) et un ensemble de fonctions (méthodes) dont un sous-ensemble important sert à changer la valeur des propriétés.

On peut ainsi analyser l'objet fichier "ensemble fini d'informations enregistrées sur disque" comme une classe d'objets informatiques dont les représentants (instanciations) ont en commun d'avoir les mêmes propriétés, le terme propriétés regroupant les attributs (identificateur, taille...) et les comportements ou méthodes (dupliquer, renommer...). Sans en établir une liste exhaustive, on peut tenter de pointer les attributs et méthodes les plus couramment mis en œuvre lors d'une session de travail sur micro-ordinateur (voir tableau page suivante).

Toute action d'un utilisateur d'un programme informatique peut également se décrire en s'appuyant sur le schéma "fonction/argument/[paramètres]", la suite des paramètres étant en nombre variable éventuellement vide. On peut remarquer que certaines situations utilisent des paramètres implicites (valeurs par défaut). L'effet d'une fonction est de modifier l'état d'un ou plusieurs éléments constituant le "système informatique", c'est-à-dire les mémoires.

Ce schéma peut s'appliquer à la notion de fichier, par exemple pour la fonction de copie.

(16) D. Bergue, P. Bras, P. Jeanne, O. Frémont, C. Sabourin, académie de Rouen.

Un fichier possède	
attributs	un identificateur : il regroupe ce que l'on nomme généralement le "nom" et le "chemin", et correspond à un emplacement physique sur disquette ;
	un contenu : la suite d'octets le composant ;
	une structure ou format : propriété qui fait qu'il peut être reconnu par tel ou tel logiciel ;
	une taille : volume de données mesuré en octets ;
	une date de création ;
	un certain nombre de valeurs logiques indiquant le statut d'un fichier : fichier caché, système...
	un état : ouvert, fermé.
	...
Un fichier peut être	
méthodes	créé ;
	supprimé ;
	dupliqué (avec changement d'identificateur) ;
	renommé (avec changement d'identificateur) ;
	modifié ;
	lu ;
	écrit.
	...

fonction	argument	paramètres
1) formater	la disquette située dans le lecteur A:	au format 720 Ko
2) activer la commande	QUITTER du menu FICHIER	
3) enregistrer	le document de travail	sous le nom FIGURE1.G2D
4) enregistrer	le document de travail	
5) transformer	les caractères sélectionnés	en gras, italique et taille 12

Enfin, une généralisation de cette schématisation est proposée pour une approche du traitement de texte. On considère alors un texte comme un document, une suite de caractères, de paragraphes, de pages, de sections ou de divisions. Chaque type d'éléments possède un ensemble propre d'attributs et de fonctions pour changer leur valeur. Deux éléments sont du même type s'ils ont les mêmes attributs et fonctions.

L'action d'un utilisateur est donc de connaître le type d'objet dont il veut modifier un ou plusieurs attributs, d'opérer une sélection si besoin et de lui appliquer la fonction appropriée, éventuellement accompagnée d'un choix de paramètres (fonction/argument/[paramètres]). Par exemple, pour définir les retraits d'un paragraphe, il faudra :

- sélectionner le paragraphe : suivant le contexte logiciel, il suffira de placer le curseur dans le paragraphe en question, ou d'opérer une sélection plus explicite ;
- désigner la fonction appropriée : le procédé offert par les logiciels est d'aller choisir dans un menu la commande correspondante ;
- régler les paramètres éventuels de la fonction choisie. On peut remarquer que la plupart des fonctions de mise en forme permettent le choix de la valeur de plusieurs attributs simultanément.

Cette approche a été expérimentée (qualitativement) dans quelques formations d'initiation au traitement de texte, dans un cadre MAFPEN ; elle a généralement été bien reçue par les stagiaires.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

la motivation
est présente

Malgré les difficultés rencontrées à tous les niveaux par tous les acteurs que nous avons pu observer dans nos recherches, ceux-ci ne remettent pas en cause la pertinence de l'utilisation de l'ordinateur dans leurs travaux, même s'ils ont conscience des efforts à fournir pour en tirer bénéfice ; leur motivation est solidement ancrée dans une évolution du monde technique globalement acceptée. Les enseignants et formateurs voient bien les potentialités que renferment de tels outils pour différentes sortes d'aides ; le problème du surcroît de connaissances à acquérir, évoqué plus haut, trouve ici un début de réponse positive. Les apprenants sont aussi favorables à cette évolution, même s'ils ont des motivations plus diverses.

Mais la richesse des nouveaux outils entraîne donc leur complexité d'utilisation. Les instruments informatiques nécessitent pour leur propre usage des acquisitions spécifiques, quelles qu'en soient les applications. C'est peut-être la première fois que cette situation se produit de manière

la diffusion a des
conséquences...
inattendues !

aussi "lourde" dans le processus général de formation (17). Jusqu'à présent, instrumentalisation était liée à "savoir-faire". Maintenant ce n'est plus suffisant, l'instrument informatique est lié à "abstraction" ; se servir efficacement de ses possibilités nécessite un abord plus fondamental, passant par des conceptualisations.

Un autre point mérite notre attention : la diffusion rapide des ordinateurs dans le grand public provoque une familiarisation de fait des élèves possesseurs d'installations domestiques. "*Ils font la classe...*" nous a-t-on rapporté récemment (18) ! Cette situation se répercute au niveau scolaire d'une manière qui peut être vécue comme inconfortable par des enseignants non rompus à la manipulation des systèmes ; ils peuvent se sentir déstabilisés dans leurs connaissances et, partant, dans leurs relations avec leurs élèves. Sans généraliser cette situation "extrême" il semble important de mentionner la nécessité de la formation des enseignants à l'usage des instruments. Mais ce problème est complexe...

L'avenir technologique : les réseaux, le multimédia

Les réseaux locaux, dans la mesure où ils sont installés et gérés par des spécialistes (19), n'entraînent pas de nouvelles difficultés pour les utilisateurs. Au contraire, la mise à disposition de données communes, partageables, telles que des fichiers de travaux d'élèves, accroît les ressources des installations, ce qui ne peut qu'encourager les acteurs à en tirer profit.

l'avenir est plein
d'inconnues

Les grands réseaux sont en pleine phase de démarrage et il semble trop tôt pour se prononcer sur leur efficacité en matière de formation, notamment quant à un compromis de "rentabilité" éducative par rapport à un investissement en matériel et en apprentissage aux accès. Il semble donc indispensable de suivre de près ces développements.

Le domaine du multimédia est porteur d'immenses potentialités. Mais là encore se pose un problème d'adaptation et de formation non négligeable : les utilisations fructueuses nécessitent (peut-être temporairement ?) des conceptualisations relatives aux objets qui se diversifient : texte, image et sons doivent être traités de manière homogène, ce qui ne ressort pas d'une démarche "spontanée".

Il semblerait que l'utilisation de ces deux derniers types d'outils ouvre également vers la problématique d'une formation rationnelle à la recherche documentaire.

(17) Auparavant, l'utilisation d'instruments était réputée beaucoup plus transparente (du moins en principe). Peut-on faire référence à l'audio-visuel ?

(18) Entretien avec un responsable de réseau d'un lycée.

(19) La question institutionnelle de la mise en place de tels personnels reste cependant posée, et semble loin d'être résolue pour le moment...

Une remise en question de la “mise en scène du savoir” par la technologie ?

L'entrée dans l'ère de l'information, l'éloignement des aspects matériels entraînent certainement des modifications importantes dans les contenus à transmettre autant que dans la forme même de leur transmission. La dominante de cette transformation étant l'abstraction, il reste à trouver des moyens efficaces, pour tous, pour optimiser les acquisitions de ce type. En particulier, le principal paradoxe est celui de la relation “théorie-pratique”, de l'appropriation des savoir-faire sur des objets éloignés - sinon dépourvus - de réalité matérielle. Le problème, loin d'être résolu, passe de toute manière par une nécessaire formation de tous les formateurs, car l'acculturation “naturelle” en la matière n'est pas assez efficace.

Une autre question ouverte est celle de la transformation des processus de transmission des connaissances par l'usage des instruments ; s'il est évident que l'on ne peut invoquer une “neutralité” ou une transparence de ces dispositifs, nous ne sommes pas encore en mesure de mesurer leur impact et d'élaborer des didactiques disciplinaires prenant pleinement en compte l'ensemble de leurs potentialités.

Évolution des questions de recherche

L'émergence de nouvelles questions appelle donc de nouvelles formes d'investigations, dont la principale caractéristique nous semble être une pluralité des approches. Construire aujourd'hui une image utile de l'intégration des technologies de l'information dans le système éducatif passe aussi par des analyses sociologiques prenant en compte des facteurs institutionnels (comment se met en place l'informatique dans les établissements), les différents domaines d'application et leurs interactions (la bureautique professorale, l'informatique administrative en relation avec les activités proprement pédagogiques) et l'évolution de la culture informatique du public. Les nouvelles recherches des équipes de l'INRP s'orientent résolument dans ce sens.

Jean-François LÉVY
Département TECNE “Technologies
nouvelles et éducation”, INRP

l'approche
cognitive
ne suffira pas

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BACHELARD, G. [1947]. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, (douzième édition 1983) Vrin.

BARON, G.-L., BRUILLARD, E. [1993]. *La prise en compte de l'informatique dans la formation des enseignants ; étude de cas dans un IUFM*. Rapport technique INRP 93-4 092, novembre 1993, Paris, INRP.

BARON, G.-L., BRUILLARD, E. [1996]. *L'informatique et ses usages en éducation*. Paris, PUF.

BARTH, B.-M. [1987]. *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris, Nathan.

BARTH, B.-M. [1993]. *Le savoir en construction*. Paris, Retz.

BRETON, P. [1990]. *Une histoire de l'informatique*. Paris, Seuil.

CAUZINILLE-MARMÈCHE, E., MATHIEU, J. et WEIL-BARAIS, A. [1983]. *Les savants en herbe*. Berne, Peter Lang.

CHEVALLARD, Y. [1985]. *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble, (deuxième édition 1991) La Pensée sauvage.

CUBAN, L. [1986]. *Teachers and machines ; the classroom use of technology since 1920*. New York & London, Teachers College Press, Columbia University.

DEFORGE, Y. [1985]. *Technologie et génétique de l'objet industriel*. Paris, Maloine.
Technologie et génétique de l'objet industriel. Paris, Maloine.

DEVELAY, M. [1995]. *De l'apprentissage à l'enseignement*. Paris, ESF.

GILLE, B. (sous la direction de) [1978]. *Encyclopédie de la Pléiade, Histoire générale des techniques*. Paris, NRF.

GIORDAN, A. et DE VECCHI, G. [1987]. *Les origines du savoir*. Neuchâtel, Delachaux & Niestlé.

HOC, J.-M. [1987]. *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble.

LÉVY, J.-F. [1993]. *Traitement de texte et bureautique, observations et propositions pour la formation professionnelle* (Rencontres pédagogiques n° 32.). Paris, INRP.

LÉVY, J.-F. [1995]. *Pour une utilisation raisonnée de l'ordinateur dans l'enseignement secondaire ; analyses de pratiques et propositions pour un meilleur usage des instruments micro-informatiques*. Paris, INRP-EPI.

MALGLAIVE, G. [1990]. *Enseigner à des adultes*. Paris, PUF.

MARCHAND, D. [1993]. "Modélisation en sciences physiques et robotique pédagogique", in *Regards sur la robotique pédagogique, actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*. Liège, Université de Liège-INRP.

MARTINAND, J.-L. [1986]. *Connaître et transformer la matière, des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Berne, Peter Lang.

MOSCOVICI, S. [1961]. *La psychanalyse, son image et son public*. Paris, PUF.

PERRIN, J. (sous la direction de) [1991]. *Pour une science des techniques*. Limonest, L'Interdisciplinaire.

RICHARD, J.-F. [1990]. *Les activités mentales, comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris, Armand Colin.

SIMONDON, G. [1969]. *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris, Montaigne.

La transposition didactique à l'épreuve [1994] coordonné par G. ARSAC, Y. CHEVALLARD, J.-L. MARTINAND, A. TIBERGHIEŒ. Grenoble, La pensée sauvage.

TOUSSAINT, J. [1990]. "Associer raisonnablement informatique et didactique, par l'étude des automatismes". *Aster*, n° 11, *Informatique, regards didactiques*. Paris, INRP.

VERGNAUD, G. [1985a]. *L'enfant, la mathématique et la réalité*. Berne, Peter Lang.

VERGNAUD, G. [1985b]. "Concepts et schèmes dans une théorie de la représentation", *Revue française de psychologie*, n° spécial : *Apprentissage et didactique* 30-3/4, pp. 245-252.

CONTRIBUTION À L'ANALYSE DES SITUATIONS D'ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE D'INSTRUMENTS SÉMIOTIQUES DE COMMUNICATION TECHNIQUE

Colette Andreucci
Jean-Pierre Froment
Pierre Vérillon

À l'aide d'une modélisation psychologique des situations d'utilisation d'instruments de communication et de représentation techniques, on s'interroge sur les difficultés que posent l'enseignement et l'apprentissage de trois graphismes techniques : le schéma cinématique, le Grafset et le dessin technique. Des situations de formation sont examinées en fonction des différentes interactions possibles dans les situations de communication de référence entre les sujets interlocuteurs, l'instrument sémiotique ainsi que le référent et la tâche concernés. Des propositions cherchant à favoriser un enseignement centré sur la fonctionnalité et la générativité de l'instrument pour l'élève sont formulées.

Dans le domaine des enseignements technologiques, techniques et professionnels, l'approche par la psychologie des processus cognitifs de l'élève (représentations, apprentissages, résolutions de problèmes...) est, sinon négligeable, nettement moins développée que dans les disciplines mathématiques et scientifiques (Vergnaud, 1994). Plusieurs raisons peuvent rendre compte de ce retard :

- le statut social particulier du "technique" dans l'univers scolaire,
- le caractère récent et encore peu massif de l'investissement de ce champ par la didactique,
- le statut épistémologique complexe des savoirs du domaine.

Une autre raison, suggérée par Norman (1991), tiendrait au fait que les cadres théoriques et méthodologiques qui dominent en psychologie sont partiellement inadéquats pour penser le sujet dans les situations techniques. Selon cet auteur, ces modèles privilégient l'approche de "l'individu isolé, dépourvu de moyens instrumentaux, et étudié presque exclusivement dans un laboratoire universitaire", c'est-à-dire dans des conditions écologiquement très éloignées des contextes "naturels" de l'activité humaine. En s'imposant dans le champ, ces paradigmes ont marginalisé d'autres traditions qui, à l'instar de celle de Vygotsky, tentèrent, à l'opposé, de penser le développement et le fonctionnement cognitif du sujet en liaison avec son contexte culturel (idéel et matériel).

un concept
théorique
pour penser
les processus
d'outillage
du corps et
de la pensée...

... l'instrument

Le modèle d'analyse du fonctionnement cognitif dans les activités instrumentées que nous présentons dans cet article constitue une tentative pour renouer avec cette approche "anthropologique" en psychologie qui a reconnu le rôle fondamental de la médiation (par le langage et de l'outillage) dans les rapports du sujet au monde (1). Sans renier les apports féconds des théories dominantes (2), il se propose de substituer aux cadres dyadiques habituels en psychologie (rapports sujet-objet, élève-savoir, homme-machine, etc.) un cadre ternaire qui ménage, entre le sujet et l'objet avec lequel il interagit, un espace pour un élément médiateur : l'instrument.

À l'aide de ce modèle, nous tenterons d'abord de mettre en perspective la dimension médiatrice et instrumentale des graphismes techniques. Ensuite, analysant de ce point de vue des situations d'enseignement, nous réfléchirons aux conditions, didactiques notamment, qui permettraient aux élèves de s'approprier effectivement ces graphismes comme des outils au sens le plus fort.

1. UN MODÈLE D'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ INSTRUMENTÉE

1.1. L'instrumentation de l'activité matérielle et mentale en technologie

Les objets fabriqués sont au centre des enseignements à caractère technologique, technique ou professionnel. Souvent étudiés pour eux-mêmes, c'est-à-dire pour les phénomènes dont ils sont le siège et, qui plus est, en fonction d'un point de vue privilégié (celui de leur conception, de leur utilisation, de leur production,...), ces objets ne sont pas véritablement traités en tant qu'outils qui instrumentent l'activité.

Au même titre que les objets fabriqués, le langage est lui-même un instrument, en liaison génétique et fonctionnelle avec l'ensemble des activités pratiques de l'homme en société (Leroi-Gourhan, 1965, Shaff, 1967). Pour autant, le langage naturel s'est depuis longtemps révélé insuffisant pour communiquer à propos de ces objets fabriqués d'une manière qui soit la plus économe et la plus univoque possible, compte tenu des enjeux que la communication entre opérateurs revêt dans les situations industrielles. Les codes spécialisés et normalisés de représentation et de communication techniques ont connu en conséquence un développement particulier qui justifie la place occupée par les

les graphismes
techniques sont
des outils

-
- (1) "Le fait central dans notre psychologie, affirmait Vygotsky, est le fait de la médiation."
 (2) Les conceptions constructivistes, par exemple.

graphismes techniques au sein des enseignements technologiques. À cela s'ajoute le fait que, plus encore que les autres, les enseignants de technologie semblent voir des aides à l'apprentissage (Vézin 1972, 1984) dans les graphismes en tout genre qui arrivent ainsi à occuper autant de place que le texte dans les manuels scolaires (Deforge, 1987 ; Doulin, 1996).

Aussi, les activités mettant en œuvre des outils matériels et sémiotiques (les codes de communication technique) paraissent-elles difficilement contournables dans les enseignements technologiques. Comment rendre compte du fonctionnement et des acquis de l'élève dans ces activités ? C'est une question qui s'adresse à la psychologie et à laquelle la problématique de l'instrument tente de répondre.

1.2. Le concept d'instrument

Aucun des grands courants fondateurs de la psychologie moderne (associationnisme américain, réflexologie russe, interactionnisme genevois...) n'accorde de place décisive à la notion d'instrument, hormis celui de Vygotsky. Celui-ci se démarque de manière critique des approches naturalistes et anhistoriques de ses contemporains en affirmant *"qu'à côté des actes et des processus de comportement naturel, il est nécessaire de distinguer des fonctions et des formes de comportement artificiel ou instrumental"* (Vygotsky, 1985, p. 40). Ce comportement ne peut être décrit *"à l'intérieur d'un rapport unique stimulus-réponse"* car l'instrument, qu'il soit matériel (outil, machine, véhicule...) ou "psychique" (langage, dessin, nombre...), constitue *"un nouvel élément intermédiaire s'intercalant entre l'objet et l'opération psychique dirigée sur celui-ci"* (p. 42).

Le rapport artificiel que l'outil matériel permet au sujet d'instaurer avec la nature, et que l'instrument psychique permet d'instaurer avec autrui ou avec soi-même, est ainsi fondamentalement différent du rapport non médiatisé. L'éventail des objets accessibles à l'action et le répertoire des actions permises grâce à l'usage de médiateurs matériels et sémiotiques s'en trouvent notamment élargis. Parallèlement, ce rapport impose de nouvelles contraintes à l'activité cognitive au niveau de la prise d'information, des anticipations, des opérations, des objets de pensée à mobiliser, des schèmes moteurs à générer, etc. (Vérillon & Rabardel, 1995).

En situation, l'association par le sujet d'un instrument à son action est motivée par certaines propriétés de cet objet, fonctionnellement pertinentes par rapport à la classe de transformations à réaliser. Ce peut être aussi bien un bâton pour faire levier qu'une scie pour découper du bois. Dans ce dernier cas, l'outil est un objet fabriqué – un artefact, au sens anthropologique du terme. Il est par conception finalisé pour cette transformation, ses propriétés ayant été agencées intentionnellement dans l'artefact par son concepteur.

tout instrument
comporte...

...une
composante
artefactuelle...

L'artefact apparaît à ce titre comme un ensemble construit d'invariants (physico-chimiques, relationnels, conventionnels...) organisé pour effectuer un traitement anticipé de l'environnement matériel ou social.

En lui-même, l'artefact ne constitue qu'une composante partielle de l'action technique instrumentée, l'autre composante relevant de l'apport propre de l'utilisateur. Ainsi, il existe des outils dont le mode d'emploi a disparu avec leurs derniers utilisateurs et qui, de ce fait, ne sont plus instrumentables. Leur nature artefactuelle persiste mais ils ne peuvent plus être constitués en instruments : seule l'inscription de l'artefact dans un système de schèmes, de représentations, de connaissances, d'opérations intellectuelles et motrices, permet d'actualiser sa fonction. De ce point de vue, un objet, pour acquérir le statut d'instrument, requiert donc nécessairement l'engagement psychologique et moteur d'un utilisateur, de sorte que l'on peut affirmer avec Rabardel (1995) que "*l'instrument est à proprement parler une entité mixte, psychologique et artefactuelle*". Or, c'est souvent à la dimension artefactuelle que l'on semble accorder le plus d'importance dans les situations d'enseignement, alors que la dimension instrumentale paraît au contraire négligée. Concernant les techniques de communication, par exemple, une perspective instrumentale impliquerait que les outils graphiques enseignés ne soient pas ramenés à de simples formalismes constitués en objets de savoir à acquérir, mais que les élèves puissent les faire fonctionner dans des situations leur donnant du sens. Enfin, il faut noter que l'instrument, en tant qu'entité psychologique, résulte chez le sujet d'une véritable construction, aux aspects génétiques de laquelle il convient d'être attentif en situation d'enseignement (3).

...et une
composante
psychologique

1.3. La structure quadripolaire des situations instrumentées par des outils sémiotiques

Vérillon et Rabardel (1995) ont proposé une modélisation tripolaire des situations d'activités instrumentées par des outils matériels (fig. 1). Elle montre qu'outre les interactions directes sujet-objet (s-o), les situations d'usage d'instruments impliquent aussi trois autres types de relations : celles que le sujet entretient avec l'instrument (s-i), celles que l'instrument entretient avec l'objet de l'action instrumentée (i-o) et celles que le sujet entretient avec cet objet par l'intermédiaire de l'instrument (s(i)-o). Le plan de la tâche souligne l'influence du contexte sur les activités instrumentées.

les situations
d'activité
instrumentée...

(3) Dans ce processus de genèse instrumentale, Rabardel (1995) distingue une composante *instrumentation*, orientée vers la constitution des schèmes d'utilisation, et une composante *instrumentalisation* qui concerne la constitution des propriétés fonctionnelles et structurales de l'artefact par rapport à ce sur quoi il agit.

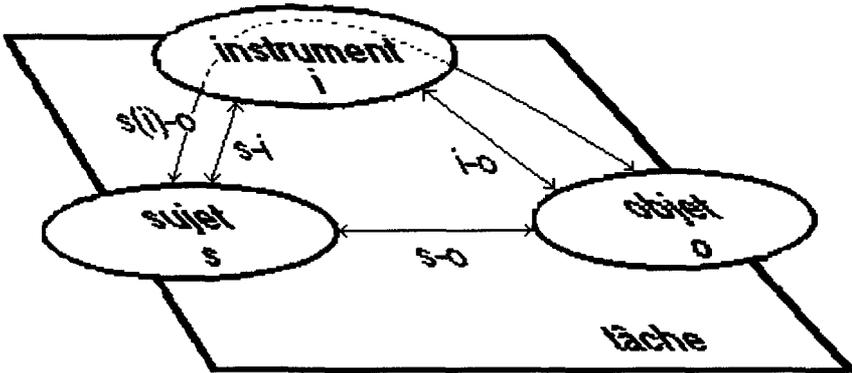


Figure 1. Modèle SAI

...par des outils matériels ou sémiotiques...

Cette représentation tripolaire ne paraît pas entièrement adéquate pour rendre compte de la mise en œuvre d'instruments sémiotiques du fait que, pour cette classe d'instruments, l'action vise, non pas un objet, mais un autre sujet (le destinataire du message) (4). En outre, le fait que ce type d'instrument vise à modifier l'état d'information ou de représentation d'un destinataire rend nécessaire l'introduction d'un quatrième terme : ce à propos de quoi il y a information ou représentation – le référent (r). Le référent est l'objet (ou la classe d'objets) du réel auquel se réfère l'action instrumentée (de communication) du destinataire (s') sur le destinataire (s"). Dans ces conditions, le modèle proposé ici (fig. 2) met davantage en évidence la double fonction que doivent assurer les instruments sémiotiques : une fonction de stimulation sensorielle et cognitive du destinataire et une fonction de référenciation à un objet du réel. Autrement dit, il montre que dans les situations instrumentées par des outils sémiotiques la médiation est double : médiation de l'action du destinataire sur le destinataire, médiation par rapport à un objet de référence commun au destinataire et au destinataire.

...instaurent un rapport complexe au réel

Un nouvel ensemble de relations apparaît. La relation $i-r$ renvoie à la dimension codage, c'est-à-dire aux solutions sémiotiques qui permettent de régler les relations entre la classe des signifiés relatifs au référent et l'ensemble des unités signifiantes (les traces graphiques). Les relations $s'(i)-r$ et $s''(i)-r$ renvoient aux rapports du destinataire et du destinataire aux aspects référentiels en situation de codage et décodage. Les relations directes $s'-r$ et $s''-r$ renvoient aux connaissances, aux représentations, voire aux perceptions actuelles, que les sujets entretiennent par rapport au référent. Enfin, l'indication "tâche" rappelle que les graphismes

(4) Ce sont des instruments "psychiques" au sens de Vygotsky.

2. LES COMPOSANTES DU MODÈLE : À PROPOS DU SCHEMA CINÉMATIQUE

le schéma
cinématique
rend compte
de l'organisation
des mécanismes

Le schéma cinématique est utilisé pour rendre compte de l'organisation des différentes parties mobiles d'un mécanisme, les unes par rapport aux autres. Par contraste avec le dessin d'ensemble qui donne les détails morphologiques et dimensionnels des pièces, il représente en quelque sorte le squelette du mécanisme, du point de vue fonctionnel. Il en caractérise les différents types de liaisons (liaisons pivot, pivot glissant, hélicoïdale, etc.) et en donne l'agencement. À un certain niveau, le code permet aussi de conserver les distances entre les centres de rotation, par rapport à l'échelle considérée. L'étude cinématique d'un mécanisme (8), qui vise à définir les trajectoires, les vitesses, les accélérations de points caractéristiques des éléments en mouvement, est effectuée à partir du schéma cinématique. C'est dire son importance en formation, du moins là où il s'agit d'acquérir des compétences en vue de justifier les choix du constructeur en fonction du cahier des charges, de modifier un mécanisme pour le rendre plus performant, d'élaborer un projet, etc.

2.1. Le pôle du référent R

dans les situations
scolaires...

Dans les situations d'enseignement étudiées, le système qui sera le référent du schéma cinématique est présenté aux élèves sous des formes très différentes (objet réel dans certains cas, évoqué et représenté dans d'autres cas : maquette, dossier technique) et généralement composites (systèmes avec carters translucides, mallettes qui regroupent les différentes pièces détachées, dessins en perspective distinguant les différentes parties les unes des autres). En somme, les élèves sont en général mis en présence d'un ensemble d'objets didactisés ou transposés, dérivés d'objets du milieu socio-technique de référence en fonction d'un projet d'apprentissage, plutôt que d'objets réellement issus de ce milieu. Par exemple, le store automatique "Somfy" est en fait une maquette qui rassemble tous les éléments constitutifs d'un automatisme, notamment pour ce qui concerne la simulation des sollicitations extérieures (vent, soleil).

...le référent
du travail de
schématisation...

Dans le cadre des examens, le référent se présente sous la forme d'un dossier. Par exemple, l'épreuve de l'option de technologie industrielle du baccalauréat a trait à un système automatisé décrit dans un dossier technique d'une douzaine de pages, qui comporte du texte mais également de multiples graphismes (schémas, dessins, diagrammes,...) dont certains sont normalisés (dessin technique) tandis que d'autres, fournis à titre d'illustration (d'une chaîne d'assemblage, d'un détail de fonctionnement) le sont moins.

(8) Cf. exemple donné en annexe I d'un mécanisme d'ouverture de phare sur véhicule de tourisme.

...n'est pas
toujours un objet
réellement
présent

En cours de formation, la nature et le rôle du système référent évoluent et engagent des activités de complexité croissante. En Seconde TSA, on demandera par exemple aux élèves de commander différents mouvements d'un robot manipulateur et d'observer son fonctionnement (identification des actionneurs, des mouvements relatifs des pièces...). En Première OTI, on proposera, à partir d'un système comme l'unité de perçage Portix, un travail dans une perspective pluritechnique comprenant l'utilisation d'instruments (pied à coulisse, tachymètre), la manipulation d'éléments séparés (roulements à billes, glissière à bille, moteur) et du système, l'application de diverses connaissances (moteur pas à pas, définition du pas de vis et du pas de moteur), la construction du schéma cinématique. En Terminale, les dossiers apparaissent, les annales du bac sont utilisées, les quelques travaux organisés à partir de systèmes ont valeur de révision : dessin assisté par ordinateur, mesures électriques, mesures électroniques, programmation d'automates. Dans l'optique de la filière STI, la base constituée par les travaux pratiques demeure jusqu'en Terminale, en regard d'un programme plus conséquent et surtout orienté différemment.

2.2. En toile de fond : la tâche

L'apprentissage relève de situations qui intègrent souvent plusieurs activités, comme le montre l'exemple suivant d'une séance en première scientifique, option OTI.

La séance est organisée en deux phases. La première phase (observation), sur logiciel Autocad, doit permettre à l'élève de suivre à l'écran la progression et les différentes étapes qui conduisent à la réalisation du schéma cinématique : distinguer les différentes classes d'équivalence, définir et positionner les liaisons, réaliser le schéma. L'animation dure un quart d'heure. Une fois le processus visionné, l'élève doit s'entraîner à reproduire l'ensemble de la "démarche" en revoyant si nécessaire certaines parties de la démonstration. La seconde phase (application) doit permettre à l'élève de réaliser le schéma cinématique d'un autre mécanisme à partir d'un dessin d'ensemble. L'exercice comporte quatre tâches : colorier sur toutes les vues du plan les quatre classes d'équivalence cinématique indiquées (corps, piston, galet, ressort) ; réaliser le graphe sagittal ; compléter le tableau cartésien des liaisons ; réaliser le schéma cinématique.

Grâce à une telle organisation des tâches le pédagogue espère :

- créer un apprentissage interactif grâce à l'utilisation d'un outil informatique qui permet à l'élève de reprendre à sa guise chaque partie de la démonstration ;
- amener l'élève à acquérir la méthode conduisant au schéma cinématique ;
- placer l'élève en situation de travail autonome.

L'observation montre cependant que :

- peu d'élèves réalisent la totalité de l'exercice ;
- que certains font preuve d'une compréhension rapide, en déplorant ainsi de ne pas travailler sur des ensembles plus complexes ; que d'autres demandent au contraire la totalité du temps disponible du fait qu'ils prennent en notes la partie démonstration ;
- que d'autres encore se laissent distraire en naviguant dans le logiciel, sans accorder beaucoup d'importance à l'application qu'il convient ensuite d'en faire.

selon l'option
enseignée...

Indépendamment des critiques opposables à cette planification des tâches qui ne semble pas convenir à une majorité d'élèves, cet exemple montre un éventail des activités proposées dans l'apprentissage du schéma cinématique. On peut encore citer des tâches de montage-démontage pour observer l'organisation cinématique, ou encore des tâches de mesure de vitesses de déplacement, de fréquences de rotation. Outre la diversité des tâches d'apprentissage, on note que les relations entre tâche prescrite, tâche réalisée et production effectuée vont rarement de soi. Il semble en résulter des acquisitions assez contrastées d'un élève à un autre.

...le contenu
des tâches
d'évaluation
varie...

Regardons maintenant ce qu'il en est au niveau du contenu d'épreuves d'examen. Dans l'épreuve OTI du baccalauréat, on adjoint au dossier technique un volumineux dossier d'évaluation. Pour ce qui concerne l'étude des parties opératives, les questions relèvent le plus souvent d'un simple rappel de connaissances. En particulier, la tâche qui consiste à caractériser les liaisons mécaniques (9) relève d'une "question de cours". Par exemple, il est demandé, dans le sujet proposé à la session de 1994, de caractériser une liaison sphérique. Par définition, celle-ci admet trois degrés de mobilité : une rotation selon chacun des trois axes du référentiel. Or, ce n'est pas le cas dans le système décrit, le schéma cinématique montre que ces mouvements n'ont pas lieu. Il faut néanmoins en rester à la définition, soit en ne se posant pas la question, soit en sachant que cette liaison se justifie pour des raisons de montage telles que le rattrapage d'alignement entre les deux parties reliées. L'épreuve de la session 1995 semble viser des compétences plus étendues (mesurer des caractéristiques de fonctionnement et valider le choix des composants d'une chaîne cinématique) mais jusqu'ici, les tâches de l'épreuve d'OTI sont apparues succinctes, morcelées et répétitives, du moins pour cette partie. Succinctes parce qu'elles portent sur une question de cours (il ne s'agit pas vraiment de comprendre le fonctionnement d'un mécanisme) et que le schéma cinématique est donné (il ne s'agit ni de compléter, ni *a fortiori* de construire un schéma). Morcelées car il n'y a pas de liens opératoires entre le schéma et la cinématique, c'est-à-dire entre l'étude des liaisons et l'étude mécanique. Répétitives : elles reviennent d'année en année sous la même forme, surtout en ce qui concerne l'étude des liaisons.

...rappel de
connaissances...

Il en va tout autrement de l'épreuve de construction en STI. Si, comme précédemment, un dossier spécifique est adjoint au dossier technique, celui-ci est dénommé "dossier de travail". La nuance est de taille, s'agissant maintenant de tâches de résolution de problèmes en cinématique, en statique. Dans ce cadre, le graphisme du schéma cinématique constitue une aide indéniable à la compréhension, il n'est

(9) Le degré de liberté d'une liaison est le nombre de déplacements élémentaires indépendants autorisés par cette liaison (six au plus, mouvements de rotation ou de translation repérés sur trois axes).

...ou résolution
de problèmes

pas possible de réussir l'étude d'un mécanisme si son fonctionnement n'est pas tout à fait compris, le schéma cinématique est un outil de compréhension du fonctionnement. Les sujets donnés en STI électrotechnique portent sur la vérification des performances d'un actionneur (ou sur le choix d'un moteur, d'un réducteur) en fonction du comportement statique, cinématique et énergétique d'un système donné. À la session de 1996, par exemple, le système étudié est un robot ("Nokia R350") destiné à gérer des bobines de fils dans une chaîne de fabrication de câbles électriques. Le schéma cinématique spatial du robot est donné avec le dossier. La première tâche consiste à repérer les sous-ensembles sur le schéma cinématique à partir du dessin d'ensemble, cette tâche incitant les candidats à rentrer dans le détail du fonctionnement pour une compréhension satisfaisante. La seconde partie consiste à vérifier les paramètres d'un moteur du robot par rapport aux caractéristiques mécaniques du système actionné (définition des efforts, etc.). Une troisième partie concerne l'étude d'un dispositif particulier de tension de chaîne, sous la forme d'un schéma cinématique à produire, mettant en jeu à la fois des connaissances technologiques et une maîtrise du schéma. Dans cette dernière partie, c'est un avant-projet qui est demandé, ce qui signifie que plusieurs solutions peuvent convenir, l'aspect qualitatif intervenant dans l'examen des productions réalisées.

2.3. Le pôle des sujets S' et S"

Ce qui vient d'être dit incite à penser que le référent et la tâche vont peser très fortement sur les situations d'intercommunication entre élèves, entre élèves et professeurs. Quelques observations faites en STI électrotechnique pour le schéma cinématique montrent que les situations d'intercommunication changent en cours d'année. Elles sont très scolaires dans un premier temps, lorsqu'il s'agit d'acquérir les bases et de réaliser les premiers graphismes, sous la forme d'exercices d'application (référent facile d'accès, tâche simplifiée). Peu à peu, le schéma cinématique s'impose comme solution appropriée à des besoins spécifiques de représentation fonctionnelle des mécanismes. Les échanges qui ont lieu en cours, en travaux dirigés, en travaux pratiques prennent souvent l'allure de traitement d'un problème particulier. Par exemple, un élève ayant envisagé une solution particulière pour schématiser le fonctionnement d'un mécanisme sera invité à l'exposer et à justifier son analyse. Les changements observés vont de pair avec deux traits caractéristiques : d'une part, l'utilité de l'instrument schéma cinématique pour faciliter la lecture de dessins, la compréhension de mécanismes, l'étude statique analytique et l'étude cinématique, d'autre part, l'importance prise pour ces élèves par l'objet et par la production : faire une analyse, résoudre un problème de mécanique.

le schéma
cinématique
s'impose
progressivement...

Dans un contexte comme celui de l'option OTI, les résultats peuvent être tout différents. Une observation systématique a été faite au cours de plusieurs rotations sur un même poste de travail de l'ensemble des 18 élèves d'une section de Première scientifique. Dans la plupart des cas, chacun des binômes collabore assez peu, mais ceux qui le font semblent progresser plus facilement, les échanges portant aussi bien sur la prise en compte du référent que de la tâche. Au sein de chaque binôme, on peut observer une distinction systématique entre un élève, plus actif, et l'autre, plus inactif.

C'est dans le cadre de l'option TSA que la variété des comportements semble la plus manifeste. Le niveau de participation est souvent très différent, certains se lancent à l'eau, d'autres restent en retrait. Dans le premier cas, l'élève agira sur le système, de sa propre initiative, en l'absence du professeur (essai-erreur) ou en sa présence (recherche de confirmation). Le résultat de cette approche "en faisant" est souvent immédiat, l'élève se rend compte qu'il apprend de cette manière, son camarade pouvant soit y participer, soit rester en retrait et jouer à celui qui n'y comprend rien. Très vite l'un peut adopter une attitude de "novice" tandis que l'autre adoptera une attitude d'expert. Il peut en résulter un climat de tension entre les deux partenaires. Cette différence est assez apparente dans le cas d'un travail à partir du système "Shrader" : celui qui manipule a bien vu que les vérins sont commandés par deux actions dans le cas de vérins à double effet, et par une seule dans le cas de vérins à simple effet. L'autre élève est resté plus ignorant de la question. Les différences entre les élèves d'un même binôme peuvent s'exprimer de bien d'autres manières. On peut observer des situations inverses, par exemple, dans un travail de nature plutôt conceptuelle sur le micro-tour, l'un des élèves se montre pressé de manipuler, de faire, d'agir. Il cherche à limiter au strict minimum ce qui est demandé, tout en ayant tendance à s'imposer sur le système, son objectif étant moins de s'installer dans la situation prescrite (pour décrire) que d'installer une situation à sa convenance (pour faire). En définitive, la tâche réelle est inverse de la tâche prescrite. Cela se traduit par des réponses succinctes, voire erronées et finalement corrigées sous l'influence plus ou moins directe de son camarade et de l'intervention du professeur, mais sans que le processus d'acquisition ait été réellement efficace.

...comme une solution appropriée à des besoins spécifiques de représentation fonctionnelle de mécanismes

Mais c'est probablement au niveau de l'intercommunication élèves et professeurs que l'interaction tâche-référent a le plus d'incidence. Dans un travail sur le Portix réalisé en Première OTI, les tâches (faire un schéma en perspective de la partie horizontale du Portix pour mettre en évidence les déplacements, mesurer la vitesse de rotation du moteur, mesurer le pas de vis, trouver la vitesse de translation du chariot, faire un schéma cinématique) relèvent volontairement de problèmes plus ou moins nouveaux pour les élèves dans l'intention de les amener à se poser des questions. Des

exemples différents pourraient être évoqués en STI, où les interactions prennent une part importante, notamment dans la résolution de problèmes de construction.

2.4. Le pôle de l'instrument sémiotique

Les connaissances visées au travers des formations technologiques sont très variées, elles touchent aussi bien la construction mécanique, l'automatique, l'informatique industrielle, l'électrotechnique et l'électronique. Les dispositifs graphiques se présentent sous de nombreux aspects, chacun ayant ses spécificités. Dans le seul domaine de la mécanique, on a recours à des schémas aussi bien en hydraulique, qu'en pneumatique et en cinématique. Sans prétendre être exhaustif, la schématisation cinématique constitue un exemple qui permet de montrer la nature des difficultés que soulève l'appropriation d'instruments de représentation mentale, et de préciser les conditions nécessaires pour qu'il y ait véritablement instrumentation.

D'abord, l'action instrumentée devrait avoir ici, pour objectif, la production de connaissance relative à un objet. Plus précisément, on s'attendrait à ce que le schéma cinématique facilite la compréhension du fonctionnement des mécanismes et la lecture de dessins du point de vue fonctionnel. Ces premiers résultats d'une étude en cours montre qu'il en est bien ainsi, du moins chez les élèves pour lesquels la signification instrumentale s'est opérée dans de bonnes conditions. On peut parler dans ce cas de construction par les élèves d'un rapport réellement instrumental aux outils graphiques enseignés. À l'inverse, d'autres élèves se trouvent en difficulté à la fois pour expliquer d'une manière ou d'une autre le fonctionnement d'un mécanisme, et pour réaliser le schéma cinématique. En particulier, les schémas réalisés dans ce cas laissent apparaître des impossibilités de fonctionnement, comme si le schéma cinématique restait sans signification particulière, sinon d'exercice scolaire, un de plus.

Ensuite, l'instrument a pour fonction de modifier l'état psychique ou le comportement d'un sujet, soi-même ou autrui. Si on se réfère aux différents contextes d'apprentissage évoqués, les élèves concernés ici reçoivent les mêmes connaissances de base, mais dans des perspectives bien différentes. Les bases communes concernent les symboles utilisés pour représenter les différentes liaisons, la réalisation de schémas pour des mécanismes assez simples, le repérage des classes d'équivalence cinématique, c'est-à-dire des différents ensembles de pièces solidaires les unes des autres, sans mouvements relatifs entre elles. Les perspectives divergent fortement. Pour l'option TSA et OTI qui fait suite, il s'agit d'acquérir des bases notionnelles, le schéma cinématique apparaissant alors comme un objet de connaissance en soi. Pour la filière STI, c'est davantage un outil de modélisation qui sert de base au développement d'études statiques et

l'instrument
sémiotique doit
permettre...

...la compréhension
du fonctionnement
d'un mécanisme...

...et sa
représentation
pour soi-même
ou autrui

dynamiques, une aide que les sujets associent étroitement à la réalisation de leur tâche, ainsi que pour communiquer.

Enfin, l'expertise sémiotique est étroitement liée à une expertise dans le domaine d'application, c'est en quelque sorte une conséquence, mais qui a son importance. On a vu qu'en STI un élève suffisamment avancé dans sa formation acquiert une représentation exacte et détaillée de la classe de tâches qui motive l'existence de ce graphisme et de la façon dont le référent s'inscrit dans cette tâche. Un élève avancé, qui maîtrise le schéma cinématique, sait en même temps que le système qu'il étudie est doué de propriétés fonctionnelles, statiques et dynamiques particulières, et qu'il peut faire appel au schéma dans sa démarche de résolution de problème.

3. LES RELATIONS ENTRE LES DIFFÉRENTS PÔLES DU MODÈLE : À PROPOS DU GRAFCET

Divers travaux (Morais & Visser, 1987 ; Ginestié, 1992) attestent que le Grafcet (rapidement présenté en annexe II) revêt une fonctionnalité limitée chez les élèves débutants. Une étude menée sur l'apprentissage du Grafcet en classe de Seconde TSA (Andreucci, 1993) apporte un nouvel éclairage sur l'acquisition (ses modalités et ses résultats) de ce graphisme. Les élèves ont été soumis à des épreuves élaborées en commun par des professeurs de TSA de divers établissements en vue de dresser un bilan des connaissances acquises en fin d'année. Le contenu des tâches proposées, de même que la grille d'évaluation qui leur est associée, offrent ainsi une bonne image des attentes et des exigences des enseignants quant à la maîtrise de ce graphisme. Celles-ci concernent essentiellement l'acquisition de compétences relatives à la lecture et à l'écriture du Grafcet pour lesquelles les élèves reçoivent un guidage important, tout en étant confrontés à des descriptions très détaillées du cahier des charges et du processus à décrire. Aussi élémentaires que puissent sembler l'acquisition des notions de base et du formalisme du Grafcet, ainsi que la distinction des spécifications relatives à ses différents points de vue, leur simple transfert à l'appréhension de systèmes qu'il s'agit de se représenter mentalement soulève déjà des questions quant au caractère opératoire de ces premières acquisitions.

C'est ce point qu'on se propose ici d'illustrer, tout en donnant un aperçu des interactions entre les différents pôles du modèle présenté plus haut.

3.1. Les relations sujet-instrument sémiotique

On s'intéressera surtout ici aux relations que les enseignants entretiennent avec le Grafcet, sachant que le rapport que les élèves construisent avec cet outil dépend lui-même, dans une assez large mesure, des conceptions épistémiques,

le Grafcet : les connaissances acquises en TSA sont-elles opératoires ?

pédagogiques et didactiques des enseignants à son égard, de la même façon que celles-ci sont influencées par les choix conceptuels et méthodologiques que reflète l'élaboration de ce graphisme (10).

les enseignants
ont des vues
divergentes...

Ces relations ne sont pas homogènes. Elles diffèrent au sein de la population des professeurs de TSA puisqu'en raison de leur double spécialité d'origine ou de leur ancienneté, certains ont reçu une formation, parfois approfondie, au Grafcet alors que d'autres l'ont appris sur le tas. En outre, et bien que l'on ne puisse pas vraiment parler ici d'obsolescence externe du savoir (même si, à notre sens, ce genre d'usure frappe beaucoup plus vite les connaissances dans les enseignements technologiques que dans les autres disciplines), il s'avère que le Grafcet a évolué depuis l'origine de sa conception et encore récemment (11), soulevant le problème de la réactualisation des connaissances à enseigner.

...quant aux
caractéristiques
du code à
enseigner

Dans ces conditions, il n'est pas surprenant d'observer des divergences dans les normes des savoirs que les enseignants privilégient ou jugent pertinentes. Par exemple, ils ne sont pas tous d'accord sur la nature des spécifications à prendre en compte au niveau du Grafcet partie opérative (PO), ou sur la simultanéité existant ou non, lors du franchissement d'une transition, entre l'activation de l'étape ultérieure et la désactivation de l'étape précédente. Aux normes publiques établies qui peuvent être plus ou moins bien respectées, se superposent donc des normes privées et officieuses, qui peuvent être totalement personnelles à tel ou tel enseignant, mais dont l'extension peut aussi dépasser le cadre strict de la classe.

- Certaines valent par exemple (12) à l'échelle de l'établissement, ce qui peut s'expliquer par le fait, qu'aussi bien les dossiers d'apprentissage que les maquettes de systèmes servant de supports aux travaux pratiques, sont restés, pour

(10) Il paraît clair, par exemple, que les termes retenus pour désigner les Grafcets réalisés selon différents points de vue (système, partie opérative, partie commande plutôt qu'utilisateur, concepteur et automatisé) confirment le constat dressé par Rabardel (1995) à propos de la domination d'une vision techniciste (centrée sur la structure de la machine) plutôt qu'anthropocentrique (reflétant les rapports du sujet à l'objet) sur les artefacts. Il apparaît en outre que l'on propose à l'apprenant une logique d'apprentissage qui est directement calquée sur la progression que ces différents points de vue représentent dans la démarche de conception de l'expert.

(11) Cf. les nouveaux concepts de "macro-étape" et de "forçage" définis par l'AF CET depuis Juin 1993.

(12) Tel est le cas de la numérotation des étapes pour les séquences alternatives ou simultanées, qui selon les cas consiste - soit à ne pas rompre l'ordre de numérotation (après une étape 1, on aura par exemple dans la branche de gauche les étapes 2 et 3, dans celle de droite les étapes 3 et 4 puis une étape 5 à l'issue de la convergence) - soit à l'interrompre (étapes 10 et 11 dans la branche de gauche, 20 et 21 dans celle de droite, puis une étape 2 après convergence).

l'essentiel et pendant longtemps, des produits "maison", élaborés par les équipes pédagogiques en place au démarrage de l'option.

- Dans d'autres cas, ces normes (13) semblent faire l'objet d'un consensus plus large (inter-établissements), sans doute en raison des justifications pédagogiques qui paraissent pouvoir les sous-tendre, mais qui dans un tel cas demanderaient à être vérifiées.

des normes
dont le caractère
"scolaire" est
souvent ignoré
des élèves

Ce qui fait problème, ce n'est pas le fait que ces normes "scolaires" du Grafcet n'aient pas de légitimité en dehors de la classe mais, qu'à de rares exceptions près (14), les élèves ne soient pas prévenus qu'il s'agit d'exigences pédagogiques propres à leur enseignant, ou liées à leur statut d'apprenant. N'étant pas justifiées en tant que telles, mais servant de critères d'évaluation de leurs productions, ces exigences passent au contraire, aux yeux des élèves, pour des normes qui sont liées au code.

- Enfin, les exigences des enseignants quant à l'appropriation de cet instrument (et des autres acquisitions au programme) varient aussi sensiblement selon la politique des établissements, en fonction de la variété des vocations assignées à l'option TSA (Froment, 1992 ; Andreucci, 1995). Selon les enjeux que cette matière revêt quant à l'orientation ultérieure (tremplin vers la filière scientifique, ouverture vers les filières techniques, ou option à vocation culturelle très large), le profil attendu des élèves n'est pas le même et s'avère de fait différent à l'arrivée.

En somme, selon les professeurs et les contextes, il ne s'agit donc pas tout à fait du même instrument. Par voie de consé-

(13) Par exemple le fait de libeller les actions par un verbe à l'infinitif ("amener une dose de café" "malaxer") plutôt que par des substantifs ("amenage", "malaxage"). S'agit-il ainsi de permettre à l'élève de mieux distinguer actions et réceptivités, souvent désignées, quant à elles, par un participe passé ("dose amenée") ? Mais, dans ce cas, pourquoi ne pas faire appel aussi à des signifiants distincts pour marquer la différence qu'il y a d'un Grafcet à l'autre entre le fait d'associer des tâches, des actions ou des ordres aux étapes ?

(14) Exemple, ces deux présentations divergentes du codage de l'étape initiale ; (1) : "Il y a des cases vides. Elles ne sont pas franchement vides. On les numérote. La première, on va l'appeler 0, la deuxième 1, la troisième 2, etc. Et a priori, quand je remets le système en route, on est toujours dans la même case. C'est pour cela qu'il y a une case qui est privilégiée par rapport aux autres. Alors on double la case. La case 0 on la double..." (2) : "Une étape est un carré comme ceci avec un numéro à l'intérieur. Le numéro n'a aucune importance, mais ce qu'il faut c'est qu'il n'y ait pas deux numéros identiques dans un même Grafcet. L'habitude nous donne comme méthode de commencer à 1 ou 0, et puis de numéroter successivement les étapes dans l'ordre 1, 2, 3, 4, etc., jusqu'au nombre d'étapes qu'il faut pour analyser le système, en commençant soit par 1 soit par 0. Il y a une étape spéciale qui s'appelle l'étape initiale (...). J'ai pour habitude d'indiquer l'étape initiale par 0. On pourrait l'appeler 1 si on voulait, moi je commence par 0..."

quence, celui-ci ne présente pas non plus les mêmes caractéristiques formelles pour les élèves, ce qui porte d'autant plus à conséquence que le Grafcet se réduit souvent pour eux à une forme. Si la maîtrise du formalisme est indispensable pour établir ou lire un Grafcet, elle est largement insuffisante pour comprendre ou conceptualiser le fonctionnement d'un automatisme. Le fait que la plupart des élèves n'accède qu'à une maîtrise approximative du formalisme (15), malgré le primat que les enseignants accordent à cet aspect, semble ainsi lui-même être le signe d'une compréhension insuffisante du caractère opératoire des notions de base et des premières règles d'évolution du Grafcet.

3.2. Les relations sujet-référent(s)

Elles sont à l'origine de nombreuses difficultés rencontrées par les élèves, bien que les enseignants n'aient pas toujours l'occasion d'en prendre conscience dès lors que la plupart des activités réalisées en cours d'année portent sur des systèmes maquetés présents dans les classes. Les observations évoquées ici portent au contraire sur l'étude complète d'un système réel. Elles montrent les limites du caractère transférable des connaissances acquises dans le contexte de ces travaux dirigés ou pratiques, dès lors qu'il s'agit d'un automatisme que les élèves doivent se représenter à partir d'une description. Elles soulèvent aussi la question de la transposition que les enseignants ont dû faire subir à ce système réel pour faciliter son appréhension par leurs élèves.

• **Construire un référent didactique
est une opération délicate et complexe**

Le choix d'un support de nature industrielle, ou de type grand public, est problématique en ce sens qu'il doit satisfaire au départ à certains critères (pas d'intervention de l'homme dans la machine, si ce n'est au niveau du départ du cycle pour ne pas compliquer l'identification de la matière d'œuvre, relative facilité de distinction des différents composants, évolution séquentielle suffisamment conséquente, degré de familiarité des élèves avec le système, etc.).

Partant de là, les enseignants sont conduits à concevoir un système didactisé moins complexe dont le fonctionnement puisse être à la portée de l'élève. En l'occurrence, il s'agit d'un distributeur automatique de boissons qui ne peut préparer que du café ou du chocolat. Pour autant, il faudra

le référent
est souvent
une création
scolaire...

...qui tente
de réaliser
un compromis...

...entre
la préservation
d'une cohérence
technique...

(15) En témoigne l'échantillon d'expressions suivant : "Il n'y a pas de cases qui indiquent les actions après les barres de côtés." "Il ne peut y avoir deux tirets entre chaque case, car dans les cases il y a un ordre et un tiret pour chaque ordre." "Dans une bifurcation les chiffres ne doivent pas se suivre, il aurait fallu mettre 10." "Il y a une erreur de branchement car on passe de 3 à 5." "Il manque le cadre pour donner une demande."

encore épurer ce dispositif, en éliminant le problème de la reconnaissance des pièces de monnaie. En revanche, il ne faut pas qu'à force de simplification, le problème ne présente plus de difficulté, aussi le pupitre comportera-t-il un bouton poussoir (non accessible de l'extérieur de la machine) donnant lieu à une boisson gratuite. Ceci évite de faire complètement abstraction des problèmes d'entretien de la machine (16), et permet surtout de proposer à l'élève l'étude d'une réceptivité de départ combinant trois informations (machine en service et – présence de monnaie ou boisson gratuite) grâce à deux opérateurs logiques (multiplication et disjonction). Ce travail de transposition d'un référent réel ne va pas de soi, puisqu'il s'agit de réaliser un compromis entre la préservation d'une cohérence technique du processus et l'intérêt cognitif qu'il offre au plan du travail de l'élève qu'il permet. Il est clair qu'une fois son élaboration achevée, le système décrit par le dossier technique devient en revanche le seul référent auquel l'activité de l'élève est supposée devoir et pouvoir se référer.

Pour autant, les enseignants ne jugent pas toujours nécessaire d'informer les élèves sur les contingences didactiques qui font qu'ils ont été amenés à recourir ainsi à un référent qui peut faire figure de "cas d'école" par rapport au système plus complexe dont ils ont pu se construire une représentation en tant qu'utilisateurs.

• **Une logique de la machine qui occulte la
logique du sujet**

Dans l'épreuve proposée, les élèves sont tout d'abord invités à étudier la réceptivité (machine en service et – présence de monnaie ou boisson gratuite) associée à la transition entre l'étape initiale et l'étape 1 afin de déterminer à quelle condition le Grafset évolue de l'une à l'autre. Cette condition est satisfaite si la première variable d'entrée est vraie (égale à 1) et que simultanément l'une ou l'autre ou les deux autres le sont aussi. Les enseignants prévoient que de nombreux élèves omettront de prendre en compte cette dernière combinaison (111), excluant par là le fait que les deux conditions (paiement ou gratuité de la boisson) puissent être satisfaites en même temps en raison de leur signification empirique apparemment contradictoire. Les résultats révèlent pourtant que la combinaison en question donne lieu à très peu d'erreurs. Les enseignants en déduisent qu'en dépit de leurs craintes "la proposition présence de monnaie ou boisson gratuite a été bien comprise sous la forme d'un ou inclusif" (plutôt qu'exclusif). Or, de fait, le dispositif de réponse proposé aux élèves n'autorise pas une telle conclusion car, en réalité, la table de vérité qu'ils devaient remplir lors de l'étude de réceptivité leur fournissait déjà le nombre de combinaisons

(16) qui seront ainsi réglés en indiquant que ce bouton permet à la personne chargée de l'entretien de tester le fonctionnement sans avoir à mettre une pièce.

...et l'intérêt
cognitif
de l'activité
pour l'élève

il peut exister
des distorsions
importantes...

...génératrices de
difficultés de
compréhension...

à définir. Là où les enseignants pensent pouvoir déceler des erreurs en termes de relations sujet-référent, il arrive ainsi qu'ils se privent de la possibilité de le faire en fournissant implicitement aux élèves des informations qui limitent les questions qu'ils pourraient se poser quant à la signification empirique ou logique des données qu'ils ont à traiter.

Un peu plus loin, dans l'exercice, l'étape 1 étant active (machine en service, pièce de monnaie introduite, gobelet tombé sur le plateau), les élèves sont invités à analyser ce qui se passe du point de vue de l'évolution du Grafcet selon que les deux réceptivités "choix café et non chocolat" et "choix chocolat" sont – indépendamment l'une de l'autre ou simultanément – fausses ou vraies. La difficulté majeure est évidemment offerte par cette dernière situation de double sélection qui représente pour les enseignants un "cas d'es-pèce", tandis qu'elle représente pour la plupart des élèves une cause de dysfonctionnement si ce n'est un non sens (17). Très peu d'entre eux s'avèrent ainsi capables de voir que dans ce cas c'est la préparation du chocolat qui, selon le Grafcet, serait privilégiée du fait que la réceptivité antérieure n'intègre pas la condition "non chocolat". En revanche, un certain nombre d'élèves estiment qu'il s'agit en définitive d'un faux problème dans la mesure où la machine devrait pouvoir détecter, à leur sens, une absence de simultanéité parfaite : *"On ne peut pas sélectionner deux boissons en même temps. Si s1 a été demandé en premier on aura du café et si c'est s2 on aura du chocolat"*. Le fait que les enseignants ne soient pas unanimes quant à l'évaluation positive ou négative qu'il convient d'apporter à ces réponses tendrait par ailleurs à prouver qu'ils ne sont pas toujours eux-mêmes totalement au clair sur les propriétés de l'objet réel, ou sur celles de l'objet didactisé, qu'il convient de privilégier.

...entre le
système réel
que l'élève
connaît en tant
qu'utilisateur...

Pour les élèves, il est difficile de ne pas se situer en tant qu'utilisateurs du système réel lorsque le système pseudo-réel qu'ils ont à étudier en vient à ne plus faire sens pour eux. Il est rare cependant que leurs erreurs soient reliées aux conflits qu'introduit la transposition d'un référent familier. Ainsi, pour définir les actions associées aux étapes ou les réceptivités associées aux transitions, les élèves proposent souvent des réponses que les enseignants qualifient de "formulations incorrectes" comme si seule la forme du texte proposé s'avérait répréhensible, indépendamment du sens qu'il peut avoir. Au lieu de dire par exemple "dose de café transférée" les élèves diront "présence de café" ou "poudre de café dans le bac 1", ce qui paraît insuffisant, tout au moins au plan didactique, c'est-à-dire en référence à

(17) Cf. ces commentaires *"soit on obtient un mélange, soit la machine ne fonctionne pas"* ; *"la machine ne prépare rien car la solution est impossible"* *"ça ne peut pas marcher car on doit choisir le café ou le chocolat, sinon on risque de mettre en panne la machine"* *"la machine ne fonctionne pas car il n'y a qu'une pièce de monnaie introduite"...*

l'énoncé du cahier des charges. Au plan empirique, c'est une autre chose, car si on se réfère à l'expérience que chacun peut avoir des distributeurs automatiques de boissons auxquels il arrive de servir du café ayant la couleur du thé, on peut se demander si on est vraiment en droit d'exiger des élèves une performance (en termes de précision) qui dépasse les limites de la performance habituelle de ce genre de machine.

D'autres erreurs montrent que les élèves ont aussi tendance, dans certaines situations, à substituer des actions du système par des actions de l'utilisateur. Ainsi, ayant notamment du mal à concevoir que l'état d'attente du système, à une étape du fonctionnement, puisse correspondre à une action associée, certains introduisent à cette occasion des actions du type "retirer le gobelet". Dans d'autres cas, on assiste aussi à des raisonnements par analogie avec la réalisation manuelle du procédé (ce que Morais et Visser, 1987, constatent aussi de leur côté). Ainsi, bien que le procédé décrit fasse référence à un "moteur de malaxage et d'amenage du café liquide", nombreux sont les élèves qui jugent pertinent de coupler l'action de malaxage avec l'amenage de la poudre considérant semble-t-il par là, que le mélange s'effectue d'autant mieux qu'il faut "verser en remuant" ainsi que le préconisent d'ailleurs bien des recettes de cuisine.

...et sa version
didactisée

En définitive, dans l'enseignement des graphismes, il semble qu'on tienne souvent pour acquis que les choses à représenter font l'objet de significations claires, communes et partagées dès l'instant qu'elles se réfèrent à des entités matérielles bien concrètes et manipulables. Concernant le Grafcet, ceci n'a déjà rien d'évident en ce qui concerne les maquettes de systèmes dont la présence en classe permet de disséquer le fonctionnement. Il en va *a fortiori* de même de la façon dont les élèves sont susceptibles de se représenter le fonctionnement d'un automatisme en l'absence d'un dispositif matériel concret. On a vu que dans ce cas, contrairement à une idée répandue, il n'est pas certain que la familiarité des élèves avec le système à appréhender soit alors d'une quelconque aide pour eux, car il peut exister des distorsions importantes (génératrices de difficultés cognitives supplémentaires) entre le système réel que l'élève connaît en tant qu'utilisateur, et sa version didactisée qu'on lui propose d'étudier.

4. DISCUSSION ET PROPOSITIONS : PROBLÉMATISER LES SITUATIONS D'APPRENTISSAGE DES GRAPHISMES TECHNIQUES

les situations
d'enseignement
des graphismes
techniques...

Les études que l'on vient très succinctement d'exposer relatives au schéma cinématique et au Grafset rejoignent un constat que l'on a pu faire en ce qui concerne l'enseignement du dessin technique au lycée professionnel (Rabardel, Rak & Vérillon, 1988). C'est celui d'un risque de dérive transpositive réductrice qui tend à privilégier dans l'enseignement un rapport normatif à ces graphismes techniques, sans accorder une importance équivalente à leur signification instrumentale pour l'apprenant. Il est vrai que c'est cet aspect normatif que les ouvrages de référence et les manuels mettent au premier plan, or, au regard du modèle, il ne concerne – et encore seulement de manière partielle – que les relations i-r.

...devraient
permettre de
situer les normes
et les solutions à
acquérir...

Tout se passe comme si ces approches didactiques ne retenir des situations de communication technique de référence que les solutions actuellement utilisées et normalisées en ignorant les conditions historiques et écologiques dans lesquelles elles ont été constituées. À notre sens, la didactisation des graphismes techniques – et notamment du dessin, en raison de sa dimension historique (Deforge, 1981) – nécessite que soient transposées dans l'enseignement, non seulement les solutions et les normes en vigueur, mais les conditions problématiques qui les ont engendrées et leur donnent leur sens.

...dans
les conditions
problématiques
qui leur donnent
sens

À cet égard, le modèle permet de dégager trois niveaux de problématisation dont pourrait tenir compte un enseignement visant à favoriser des acquis de type fonctionnels :

- le problème général de la communication au moyen de signes (qui concerne plus particulièrement le sous-ensemble s'-i-s") ;
- le problème, spécifique à la communication technique, de la tâche en tant qu'elle détermine la relation du sujet au référent (centré sur les interactions au sein du sous-ensemble tâche-s'-r-s") ;
- le problème du code technique comme solution fonctionnelle à des besoins spécifiques de représentation et de communication (relatif au sous-ensemble s'-s"-i-r).

4.1. Le problème de la communication

Le premier niveau concerne la transposition de la dimension "communication" qui dans notre modèle concerne le sous-ensemble d'interactions représenté en fig. 3.

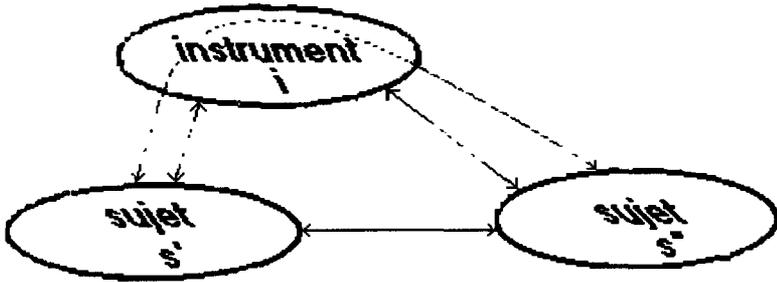


Figure 3. La dimension communication

Rares sont les situations didactiques où le problème général de la transmission d'information par signes (dont la communication technique constitue un cas particulier) est concrètement posé aux élèves, c'est-à-dire où ils ont à assumer réellement (ou en pensée) les places de s' et s'' et à s'interroger pratiquement sur un processus de communication réel dans lequel ils sont impliqués et qu'ils ont à gérer. Le plus souvent, l'enseignant et les élèves occupent alternativement les deux positions. Ainsi, c'est l'enseignant qui propose aux élèves l'essentiel sinon la totalité des productions graphiques qu'ils vont devoir décoder et travailler. Inversement lorsqu'il y a production graphique par les élèves, c'est lui qui en est effectivement le destinataire mais le traitement qu'il en fait porte sur la correction syntaxique et non sur le contenu qu'il connaît par définition déjà. Dans ces conditions, il y a confusion entre, d'une part, la situation de communication comme objet transposé, avec ses contraintes et problèmes spécifiques, et, d'autre part, la relation maître-élève au sein du procès didactique dont les enjeux et le contrat sont bien entendu de nature complètement différente.

C'est ce type de didactisation qui contribue à donner aux acquis des élèves le caractère scolaire, désincarné et peu opératoire que l'on a évoqué. À l'inverse, il conviendrait, semble-t-il, d'ancrer l'apprentissage des graphismes techniques dans un rapport effectif et réaliste aux processus et aux problèmes de communication. L'objectif serait, en situation réelle ou simulée, de sensibiliser les élèves à – et de leur faire prendre conscience de – certaines caractéristiques générales de ces processus. Parallèlement, il conviendrait de leur proposer des concepts leur permettant d'élaborer un cadre notionnel pour penser et décrire les phénomènes de communication, phénomènes dont ils ont d'ailleurs une connaissance "en acte" et dont il faudrait favoriser une approche réfléchie et verbalisable (notions d'information, de code, de signe, de message, etc.).

Dans des propositions didactiques élaborées pour l'enseignement du dessin technique (Vérillon *et al.*, à paraître), on

à l'origine
des situations de
communication
technique...

...des besoins
d'information
qu'il faut satisfaire

engage la problématique des graphismes techniques par une situation de besoin d'information (circuler dans une ville inconnue, préparer un plat compliqué, utiliser un nouvel appareil). Elle peut être dévolue aux élèves avec la consigne d'élaborer des documents visant délibérément à réduire ce manque d'information. On peut ensuite évaluer les solutions élaborées (les critiquer du point de vue du destinataire, qui peut, en l'occurrence, être un sous-groupe d'élèves), les comparer à des documents existant : plans, recettes, modes d'emploi. Ce travail conduit à distinguer des catégories qui sont transversales aux graphismes techniques et fondamentales dans la perspective d'un "génie graphique" : ce dont on parle (le référent), ce qu'on en dit (le signifié) et les moyens pour le dire (les signifiants). Il ne s'agit bien entendu pas de faire aux élèves un cours de sémiologie, c'est le côté opératoire et pragmatique de ces concepts pour caractériser les situations et les phénomènes de communication technique qui doit gouverner leur découverte et leur utilisation.

4.2. La tâche et le référent comme déterminants de la communication technique

ce sont
les tâches...

Un second sous-ensemble problématique est mis en relief par le modèle. Il s'agit du rapport du sujet au référent et de la manière dont ce rapport est déterminé par la tâche dans laquelle ce référent s'inscrit (fig. 4).

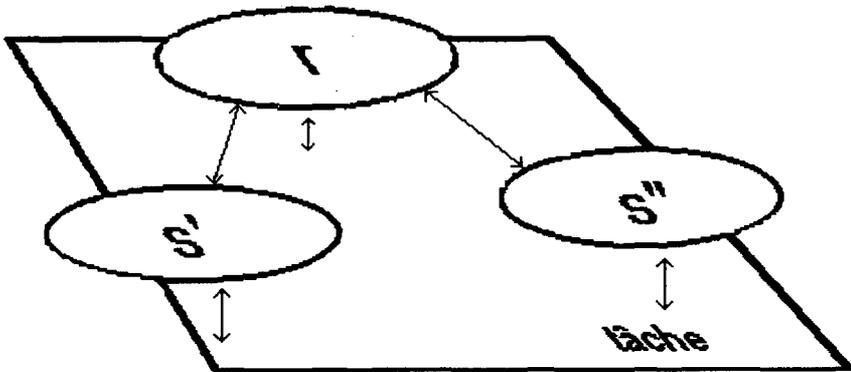


Figure 4. La relation au référent est déterminée par la tâche

...avec leurs
caractéristiques...

Le plus souvent dans les situations d'enseignement, la classe des objets décrits par un code graphique donné est présentée comme allant de soi. Ainsi, le dessin technique sert à représenter des pièces ou ensembles de pièces mécaniques, le Grafcet décrit le comportement d'automatismes programmables, le schéma cinématique décrit en termes de liaisons les relations internes aux mécanismes, etc. Ici

...qui déterminent
les besoins en
information
des opérateurs

encore, ce qui est transposé relève davantage de l'ordre de la solution que de l'ordre du problème. Or il est clair qu'il n'existe des graphismes techniques que parce qu'il existe des tâches techniques spécifiques à effectuer et que les opérateurs ont besoin d'informations – prescriptives et descriptives – pour les réaliser. Dans les situations professionnelles de référence, la nature, les contraintes et les objectifs de la tâche déterminent profondément les rapports du technicien au référent. Le plus souvent le référent est au centre de la tâche : c'est l'objet à concevoir, à fabriquer, à monter, à programmer, à dépanner, etc. De sorte que, comme le souligne Lebahar (1994), l'expertise sémiotique des opérateurs est étroitement liée à une expertise dans le domaine de la tâche. Par exemple, en fabrication mécanique, pour une pièce donnée, un projeteur expert, outre la maîtrise du dessin, possède une connaissance approfondie des conditions de son usinage en atelier, des propriétés fonctionnelles de ses surfaces et par conséquent des descripteurs pertinents pour la tâche du fabricant, chez lequel il présuppose l'existence de connaissances analogues.

les besoins
spécifiques
d'information
déterminent
en retour
les propriétés
des descripteurs
pertinents
du référent

La transposition didactique devrait donc permettre à l'élève de se former une représentation suffisamment détaillée et juste de la classe de tâches qui motive l'existence du graphisme enseigné et de la façon dont les référents s'inscrivent dans ces tâches. L'enjeu ici est celui de la construction par l'élève de descripteurs pertinents de l'objet référent. Par descripteur pertinent, nous entendons l'ensemble des variables qui permettent de décrire l'objet référent dans un "langage" cohérent avec la logique de la classe de tâches, c'est-à-dire en fonction des besoins d'information des opérateurs pour réaliser leur tâche. Par exemple, en fabrication mécanique, les opérateurs – concepteurs, usineurs, réglés, monteurs – dans leur rapport aux objets à fabriquer, manipulent essentiellement des données relatives aux formes des surfaces, aux dimensions, à la matière, voire au positionnement relatif d'ensemble de pièces. Forme, dimension, matière, position relative constituent des descripteurs pertinents du domaine et spécifient ce que seront les classes de signifiés des modes de représentation adéquats (p. ex., dessin de définition ou dessin d'ensemble).

Les signifiés propres à la schématisation cinématique et au Grafset reflètent également ces contraintes de description pertinente. En conception mécanique, l'information porte notamment sur l'agencement fonctionnel des pièces entre elles, donc en termes de degrés de liberté, de classes d'équivalence cinématique, etc. En revanche, en conception, maintenance ou programmation d'automatismes, les opérateurs ont besoin de décrire le processus automatisé en termes d'une chronologie d'actions conditionnée par des informations relatives à l'état des milieux externe et interne au système. Cette description est largement contrainte par le format logique binaire au principe du dispositif de commande. Elle est aussi contrainte par les propriétés spéci-

fiques de la partie opérative : solutions mécaniques, électromécaniques, électroniques, etc. mises en œuvre ainsi que par les propriétés de la matière d'œuvre.

L'élaboration de descripteurs pertinents n'est pas évidente pour les élèves. Il importe donc qu'ils soient confrontés à des référents significatifs et authentiques. Ainsi, s'il peut être utile, comme l'a suggéré Higelé (1984), pour la construction par les élèves des propriétés et opérations projectives, de travailler sur des objets purement géométriques (de type "cale entaillée"), la plupart des solutions apportées par le dessin technique ne peuvent acquérir leur sens que par rapport à des référents et des tâches significatifs de la mécanique industrielle. Encore convient-il que les relations des élèves à ces référents soient elles-mêmes significatives et authentiques. Il semble que souvent les enseignants surestiment la culture et les connaissances de l'élève relativement à telle ou telle classe de référent et aux contextes techniques qui lui donnent sens. Par exemple – c'est souvent le cas en construction mécanique, mais on l'a vu aussi en TSA, OTI et STI – les informations concernant le référent que les élèves ont à représenter graphiquement leur sont elles-mêmes fournies sous forme uniquement graphique. Ce qui présuppose chez l'élève, souvent à tort, une certaine virtuosité à jongler avec différents codes graphiques mais surtout une familiarité acquise ailleurs avec la classe de référent concernée.

aménager
pour les élèves
des rapports
authentiques
aux référents

Dans l'enseignement du Grafset, l'illusion qui consiste à croire que l'élève peut construire un instrument sémiotique indépendamment d'une connaissance du référent est illustrée par la tendance à donner – à l'image des situations de référence professionnelle – une antériorité à la production du Grafset système sur les Grafset PO ou PC. Or, l'analyse montre (Morais & Visser, 1987 ; Andreucci, 1993) que, contrairement aux attentes des enseignants, la réalisation d'un Grafset système – c'est-à-dire d'une représentation d'un processus indépendamment des formes technologiques qu'il pourrait prendre – pose davantage de difficultés aux élèves que celle d'un Grafset spécifié en termes de solutions techniques. De fait, si les automaticiens professionnels ont développé une expertise à concevoir des processus sans anticiper sur les formes concrètes de leur réalisation, c'est qu'ils ont pu construire à travers leur fréquentation des automatismes existants une connaissance suffisante des grands invariants de ces systèmes pour pouvoir s'affranchir, si nécessaire, pour les représenter, de la prise en compte de leur dimension concrète. C'est sur cette nécessaire fréquentation active des objets de référence et sur la prise en compte des activités techniques multiples dans lesquelles ils peuvent s'inscrire, et qui leur donnent leurs différents sens, que le modèle d'instrumentation nous paraît notamment attirer l'attention.

un code de
représentation
graphique,
comme tout
artefact
technique...

4.3. Le code technique comme solution à un besoin spécifique de communication

Le dernier ensemble problématique concerne les sémiologies propres aux différents codes techniques dans leur rapport aux besoins spécifiques d'information technique, c'est-à-dire au sous-ensemble d'interactions en fig. 5.

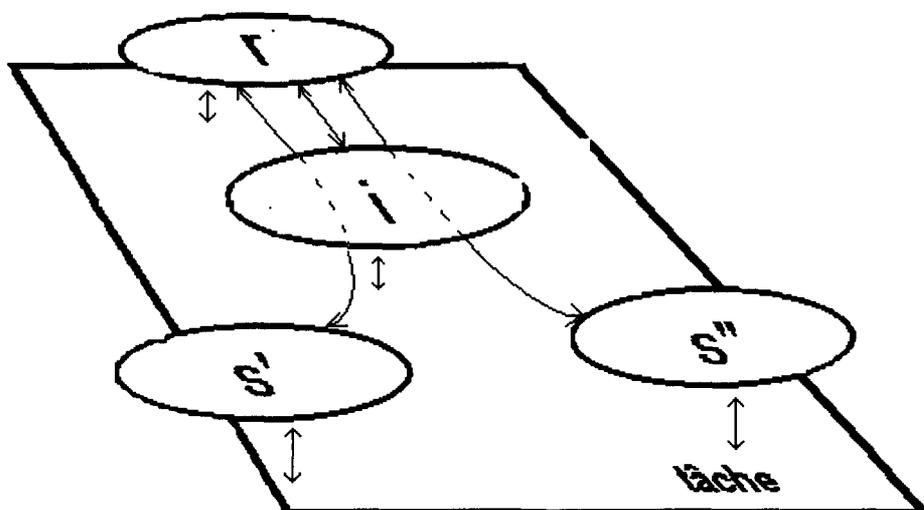


Figure 5. Tâche, référent et propriétés sémiologiques de l'instrument.

Une tendance fréquente dans l'enseignement des graphismes techniques consiste à se limiter à l'énoncé des différents signes du code et de leurs normes d'écriture (prescriptions, interdictions, etc.) puis à les faire fonctionner dans des tâches de lecture et d'écriture. L'avantage de cette démarche par accumulation de procédures réside en ce que les comportements attendus des élèves sont obtenus avec un minimum de recours de leur part à une activité représentative et conceptuelle. En revanche, l'absence d'un cadre qui rende compte de l'ensemble des règles et procédures mémorisées rend leur rétention difficile par l'élève. Pour remédier à ce problème, les enseignants sont souvent conduits à proposer des justifications pour certaines conventions graphiques. Ainsi, par exemple, en dessin technique, la convention consistant à hachurer un plan de coupe sera présentée comme la figuration des traces de sciage que l'on constaterait sur l'objet représenté si on le coupait effectivement.

... peut
faire l'objet
d'une analyse
fonctionnelle...

Un inconvénient majeur de ces justifications réside dans leur caractère métaphorique, c'est-à-dire dans le fait qu'elles cherchent leur fondement dans une logique extérieure et hétérogène à l'objet dont elles tentent de rendre compte

(Vérillon, 1996). À l'origine de cette pédagogie de l'analogie, il nous semble qu'il y a une méconnaissance des enseignants quant aux propriétés fonctionnelles des codes qu'ils enseignent voire, plus profondément, un déni de leur statut d'artefact technique.

...mettant
en relation
des fonctions
à réaliser...

Or, à l'instar des objets techniques matériels, les graphismes techniques se présentent comme des dispositifs qui ont été conçus (et qui continuent à évoluer) historiquement dans des contextes socio-techniques donnés pour opérer un certain traitement du réel, finalité que reflètent leurs spécificités fonctionnelles et structurelles. Ce sont des systèmes complexes d'invariants (conventionnels, relationnels, spatiaux) agencés pour permettre à leur utilisateur d'effectuer un certain type de transformation, en l'occurrence informationnelle. Comme les artefacts matériels, ils sont susceptibles d'une analyse permettant de relier leurs caractéristiques structurelles à des significations fonctionnelles. Dans cette perspective, on peut par exemple montrer (Rabardel, 1980) que l'ensemble des solutions sémiologiques et géométriques spécifiques au dessin technique correspond à la nécessité que nous avons évoquée de disposer dans les activités de fabrication mécanique d'une description morphologique et dimensionnelle précise des objets de référence (pièces mécaniques). Ainsi le système de six points de vues orthogonaux associé à tout un ensemble de traits s'opposant tant par leur épaisseur que par leur segmentation permet-il d'obtenir une définition quasiment complète en forme et en dimension de la plupart des objets obtenus par usinage. Plus finement, une telle approche permet de justifier sur des bases fonctionnelles telle ou telle particularité structurelle d'un outil graphique. Par exemple, la question des hachures de plan de coupe, évoquée plus haut, peut être resituée dans le problème plus général de la représentation des parties de pièces non accessibles aux six points de vue conventionnels. La coupe s'est historiquement imposée comme une des solutions possibles à ce problème mais elle en soulève un autre : celui de pouvoir distinguer dans la vue la représentation de parties comportant de la matière dans le plan de coupe de celles n'en comportant pas. La solution des hachures permet de marquer cette opposition et, en outre, grâce à une différenciation conventionnelle des traits, elle permet d'indiquer la nature de la matière (ou des différentes matières) située dans le plan de coupe.

...et des solutions
satisfaisantes

CONCLUSION

À l'aide d'un modèle général de l'activité instrumentée dans les tâches de communication technique, on a tenté une analyse et une discussion de situations d'enseignement/apprentissage de différents outils graphiques : schéma cinématique, Grafcet, dessin technique. Cette analyse qui privilégie une approche fonctionnelle des graphismes peut bien entendu être étendue aux différents dispositifs de représentation technique enseignés. Elle révélerait la grande diversité des solutions graphiques et géométriques mises en œuvre par les codes en fonction de leur finalité spécifique. Reprise dans une perspective didactique attentive aux processus de genèse instrumentale, il semble qu'elle permettrait aux enseignants d'organiser de manière plus cohérente leurs présentations, transpositions et interventions en cours et TP. Enfin on peut penser qu'elle favoriserait chez les élèves à la fois une meilleure instrumentation des graphismes techniques et l'émergence de capacités plus grandes d'instrumentalisation, c'est-à-dire d'adaptation de leurs outils à de nouvelles contraintes ou à de nouveaux objets. Dans ce sens, on pourrait s'attendre à ce que les compétences formées, étant transférables à des situations nouvelles ou inédites, aient un caractère plus nettement génératif. Mais encore une fois il ne saurait être question de faire une présentation académique et décontextualisée de ces savoirs technico-sémiologiques. Ceux-ci ne peuvent être déconnectés d'un travail réflexif et pratique sur les processus de communication en général et sur les besoins d'information et de représentation particuliers en situation de travail. Il ne s'agit en effet pas de succomber à *"la tentation sémiologique"* dénoncée par Chevallard (1994) en didactique des mathématiques, mais s'agissant d'outils sémiotiques, de mieux comprendre les conditions de leur fonctionnement pour mieux se les approprier.

Colette ANDREUCCI
 Jean-Pierre FROMENT
 Pierre VÉRILLON
 Unité "Processus cognitifs et didactiques
 des enseignements technologiques"
 INRP

viser un
 enseignement
 génératif des
 instruments
 de représentation et
 de communication
 technique

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDREUCCI, C. (1993). *Faits didactiques et effets cognitifs en classe de seconde TSA. Bilan sur les acquisitions et les difficultés liées à l'apprentissage du GRAFCET*, rapport de recherche, INRP, 75 p.
- ANDREUCCI, C. (1995). "L'enseignement de la TSA favorise-t-il l'émergence de raisonnements de type systémique ?", *Skholê*, 1, pp. 85-103.
- CHEVALLARD, Y. (1994). "Les outils sémiotiques du travail mathématique", *Skholê*, 1, pp. 51-81.
- DEFORGE, Y. (1981). *Le graphisme technique*, Paris : Le Champ Vallon.
- DEFORGE, Y. (1987). "Le graphisme technique et la communication de masse", in RABARDEL, P. & WEILL-FASSINA, A. (Éds.), *Le dessin technique*, Paris : Hermès, pp. 275-282..
- DOULIN, J. (1996). *Analyse comparative des difficultés rencontrées par les élèves dans l'appropriation de différents types de graphismes technique en 2^e TSA*, thèse, ENS de Cachan.
- FROMENT, J.-P. (1992). *Connaissances acquises dans le domaine de la technologie des systèmes automatisés*, rapport de recherche, INRP, 39 p.
- GINESTIÉ, J. (1992). *Contribution à la didactique des disciplines technologiques. Acquisition et utilisation d'un langage d'automatismes*, thèse de doctorat, Université de Provence, Aix-Marseille I.
- HIGELÉ, P. (1984). "L'apprentissage des opérations projectives", in *L'apprentissage de la géométrie du dessin technique*, Paris : INRP, pp. 117-162.
- LEBAHAR, J.-C. (1994). *Le design industriel*, Marseille : Parenthèses.
- LEROI-GOURHAN, A. (1965). *Le geste et la parole*, Paris : Albin Michel.
- LUQUET, G. (1927). *Le dessin d'un enfant*, Paris : Alcan.
- MORAIS, A. & VISSER, W. (1987). "Programmation d'automates industriels : adaptation par des débutants d'une méthode de spécification de procédures automatisées", *Psychologie Française*, n° 32, 4.
- NORMAN, D. A. (1991). "Cognitive artifacts", in CARROLL J. (Ed.), *Designing interaction*, N.Y. : Cambridge university Press, pp. 17-38.
- RABARDEL, P. (1980). *Contribution à l'étude de la lecture du dessin technique*, thèse de 3^e cycle, Paris : EHESS.

RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies*, Paris : Armand Colin.

RABARDEL, P., RAK, I., VÉRILLON, P. et Collaborateurs (1988). *Machines outils à commande numérique : approches didactiques*, Collection Rapports de Recherche n°3, Paris : INRP.

SHAFF, A. (1967). "Langage et réalité", in *Problèmes de langage*, Paris : Gallimard, coll. Diogène, pp. 153-175.

VERGNAUD, G., Éd. (1994). *Apprentissages et didactique, où en est-on ?* Paris : Hachette.

VÉRILLON, P. (1996). "Approches psychologiques et didactiques en technologie, l'exemple du dessin technique", *Aster*, 22.

VÉRILLON, P. et al. (à paraître). *Propositions didactiques pour l'enseignement de la communication technique*, INRP.

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*, 10 (1).

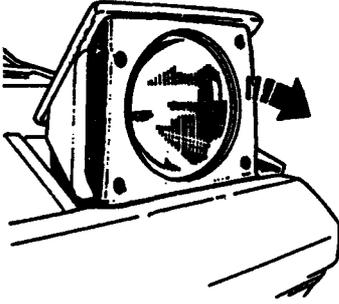
VEZIN, J.-F. (1972). "L'apprentissage des schémas, leur rôle dans l'assimilation des connaissances", *L'année Psychologique*, pp. 179-198.

VEZIN, J.-F. (1984). "L'apport informationnel des schémas dans l'apprentissage", *Le Travail Humain*, 47, 1, pp. 61-74.

VYGOTSKY, L. S. (1930/1985). "La méthode instrumentale en psychologie", in SCHNEUWLY, B. & BRONCKART, J.-P. (Éds.), *Vygotsky aujourd'hui*, Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, pp. 39-47.

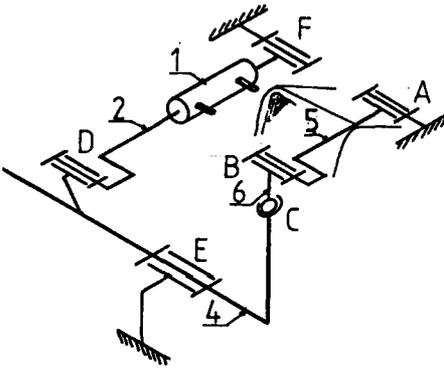
ZINOVIEV, V. (1969). *Théorie des mécanismes et des machines*, Moscou : Ed. Mir.

ANNEXE I

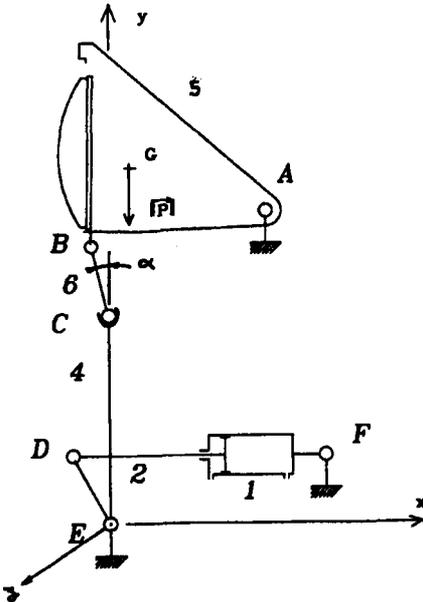


Ouverture de phare

La commande d'ouverture des phares se fait à partir d'un actionneur (pot à dépression). L'ensemble est constitué d'éléments organisés dans l'espace.



Le schéma spatial aide à la compréhension du fonctionnement, il indique l'agencement dans l'espace des différentes liaisons.



Le schéma cinématique plan extrait du schéma spatial permet d'effectuer une analyse plus précise des caractéristiques du mécanisme (mouvements ; trajectoires, vitesses et accélérations de points particuliers, ou encore calculs d'efforts).

ANNEXE II

Le GRAFCET

Tout système automatisé comporte deux parties interdépendantes : une *partie opérative* - PO - (qui représente le processus physique que l'on a souhaité automatiser) et une *partie commande* - PC - (qui coordonne la succession des actions de la PO). Le Grafcet (ou graphe fonctionnel de commande étapes-transitions) est un modèle normalisé de représentation graphique des comportements dynamiques de la PC qui rend compte des relations entre les entrées (transferts d'informations de la PO vers la PC) et les sorties du système (ordres transmis de la PC vers la PO).

Trois éléments graphiques de base permettent de représenter

- les comportements invariants du système à des instants donnés (c'est le rôle des *étapes*),
- les possibilités d'évolution entre ces comportements (c'est le rôle des *transitions*),
- les voies d'évolution (c'est le rôle des *liaisons orientées* qui relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes).

À chaque étape est associée une ou des *actions* (effet à réaliser au niveau de la PO), et à chaque transition, une condition logique (nommée *réceptivité*) qui regroupe les informations strictement nécessaires au *franchissement* de la transition, celle-ci ne pouvant être effectivement franchie que si cette condition est "vraie".

À ces éléments sont associées un certain nombre de règles syntaxiques.

Référence : ADEPA & AFCET (1992). *Le GRAFCET*, Toulouse : Cepadues éditions.