



HAL
open science

Les TIC en éducation : un pont possible entre faire et dire

Monique Linard

► **To cite this version:**

Monique Linard. Les TIC en éducation : un pont possible entre faire et dire. Langouet, G. Les Jeunes et les médias, Hachette, pp.151-177, 2000, <http://www.hachette.com>. edutice-00000273

HAL Id: edutice-00000273

<https://edutice.hal.science/edutice-00000273>

Submitted on 21 Nov 2003

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les TIC en éducation : un pont possible entre faire et dire¹

Monique LINARD, Professeur émérite

Université Paris 10 - Nanterre

Les TIC sont d'abord des outils pour voir, pour faire et pour échanger. On montrera quels potentiels cognitifs, positifs et négatifs, sont portés par ces propriétés.

On exposera ensuite les grandes lignes d'un modèle constructiviste et interactionniste de l'apprentissage considéré comme une activité au sens plein du terme. On décrira les affinités du modèle avec les propriétés d'interactivité des TIC et ses incidences sur leur application en situation d'apprentissage. On montrera en particulier comment les outils peuvent aider non seulement à instrumenter un premier niveau pratique de connaissance mais encore à le dépasser pour accéder aux niveaux conceptuels abstraits.

On finira en montrant que, en tant qu'outils interactifs de connaissance, les TIC offrent une occasion unique de réconcilier les deux composantes enseigner et apprendre de l'apprentissage : à condition qu'on le veuille bien.

En quelques années les TIC sont devenues des outils ordinaires de travail et de loisir, d'échange et de connaissance : dans tous les domaines, sauf en éducation. On s'interroge depuis vingt ans sur la persistance des difficultés en ce domaine et sur les raisons pour lesquelles les succès locaux indéniables ne parviennent pas à se généraliser. Longtemps, on a attribué avec raison l'origine des problèmes aux limitations techniques des machines, à leur complexité d'accès, à leurs coûts prohibitifs et au manque de formation et de suivi des personnels qui s'engageaient dans leur utilisation.

Toutefois, au vu des progrès techniques actuels, il n'est plus justifié d'imputer aux seules machines la responsabilité de l'échec relatif des TIC en éducation. Certains problèmes de fond demeurent, mais ils sont bien repérés maintenant et en voie d'atténuation. Il devient évident que ce sont plutôt les conceptions de la connaissance et de l'apprentissage, essentiellement abstrait, propre à l'école qui font problème ainsi que les pratiques qui les mettent en oeuvre sur le terrain.

Dans ce texte, nous traiterons surtout de l'apprentissage des débutants et l'aborderons moins sous l'angle des contenus que sous celui des processus généraux de connaissance : sans prétendre pour autant que les processus puissent s'exercer en-dehors des contenus.

Deux cas se présentent. Avec les "bons élèves", l'enseignement ne pose pas de problèmes en termes de processus d'apprentissage puisque ces derniers fonctionnent chez eux de façon correcte. On peut donc se contenter de définir les programmes en termes de contenus à transmettre et de méthodes à appliquer. Par contre, chez les élèves "en difficultés", hors toute pathologie, ce sont les processus mêmes de formation de la connaissance "savante" qui font le plus souvent défaut. Or, sauf dans le premier cycle, si les résultats des élèves sont constamment sanctionnés, les processus mentaux qui permettent de produire ces résultats sont le plus souvent ignorés ou considérés comme allant de soi.

¹ Cette contribution a été publiée dans : Langouet G. (sous la dir. de), 2000, *Les Jeunes et les médias*, coll. Observatoire de l'enfance en France, Paris, Hachette, pp. 151-177.

A notre avis, la prise en charge par la pédagogie, des processus cognitifs et socio-affectifs qui conditionnent "en amont" l'apprentissage des disciplines et le passage à l'abstraction est l'un des grands enjeux des systèmes éducatifs et l'une des causes de leur crise actuelle. Définir les cursus par les seuls contenus académiques revient en fait à ne s'adresser qu'aux apprenants déjà compétents. Cette position peut convenir au niveau de l'université où les mécanismes de l'accès autonome à la connaissance académique sont supposés acquis – à tort si l'on en juge par les taux d'abandon dans les premières années – .. Au niveau scolaire, elle est lourde de conséquences en termes d'échec et aussi de rejet des TIC.

1. L'abstraction : une rupture de continuité entre dire et faire

Nous faisons l'hypothèse que l'une des causes de la faible intégration des TIC dans les systèmes éducatifs est la prééminence du modèle magistral d'enseignement, dans le second degré en particulier. Pour de nombreux apprenants, le cours traditionnel est un mode pédagogique non neutre qui consacre de fait une rupture entre faire et dire, approche pratique et approche théorique du réel. Fondé sur l'essentiel sur la définition des champs et des concepts disciplinaires, sur le discours expert du maître et les exercices d'application des élèves, le cours magistral continue quoi qu'on en dise à fournir à l'école le moyen qui convient à sa définition savante de la connaissance.

La formation initiale et continue des enseignants étant référée à ce seul étalon, elle alimente les réticences envers tous les autres modèles pédagogiques et rend suspecte toute innovation. En ne voyant dans les TIC qu'une menace, bien réelle, de standardisation et d'appauvrissement de la pensée, elle les condamne d'avance aux sous- ou aux contre-emplois. Elle rend difficile un abord impartial des technologies en tant qu'instruments parmi d'autres d'accès à la connaissance, complémentaires et non pas ennemis de la parole et du livre.

Dans le même temps, l'incapacité de près de la moitié des élèves à accéder spontanément à la pensée discursive, conceptuelle abstraite, est l'objet de constats récurrents, que ce soit pour des raisons de style cognitif individuel ou de discordance socioculturelle. Le constat devrait inciter à remettre en question le principe du modèle unique. Pourtant le système continue à rejeter dans les marges tous les modèles alternatifs, y compris les pédagogies dites "actives", conçues précisément pour aider les apprenants à assurer la transition de la pensée pratique à la théorique.

L'hypothèse ci-dessus n'implique pas que le cours magistral est périmé, ni que l'enseignant devient inutile dans un monde en dérive qui abandonne l'instruction au profit de l'animation socioculturelle. Au contraire, la recherche ne cesse de montrer que si le rôle de l'enseignant change profondément au contact des TIC, il reste essentiel pour la grande majorité des élèves. Les fonctions d'organisateur, de ressource intellectuelle, de garant des objectifs et des activités au double plan cognitif et social ne risquent pas de sitôt d'être assurées par un automate : en présence ou à distance, en formation initiale ou continue. Rendre les élèves intellectuellement autonomes et capables de suivre avec profit un cours classique peut même être considéré comme l'objectif normal et le meilleur indicateur de réussite d'une pédagogie alternative.

Ce qui fait problème avec le cours magistral c'est qu'il s'impose partout comme méthode unique d'accès au savoir et qu'il présuppose acquises, plutôt qu'il ne développe, les capacités d'abstraction nécessaires pour en tirer profit. Quand il néglige de prendre en charge les conditions préalables qui déterminent l'efficacité de sa mission de transmission, l'enseignement se soulage certainement d'un grand poids : celui des réalités de l'acquisition des apprenants. Mais cette économie engendre en retour un coût social très lourd en termes d'échec précoce et d'exclusion des individus qui ne sont pas spontanément adaptés au modèle.

On propose de montrer que les TIC ont tous les potentiels requis pour aider à ré-articuler de façon efficace les deux versants du dire et du faire, de l'"enseigner" et de l'"apprendre" qui constituent la réalité de la connaissance à l'école. Mais il y a deux conditions à cela : d'abord comprendre les propriétés et les

limites des outils en tant qu'instruments cognitifs et pour cela disposer d'une vision globale cohérente de l'apprentissage, sinon d'une théorie, capable de mettre les techniques en perspective et d'orienter utilement leur utilisation.

2. Propriétés cognitives générales des TIC

Elles découlent des propriétés issues de la combinaison du support électronique et du traitement informatique numérisé. Les TIC sont devenues un outil idéal pour voir, faire et (se) représenter le monde. Elles concrétisent de façon virtuelle toutes les formes d'interaction possibles entre nos fonctions cognitives d'action, de perception et de représentation, physique et mentale. Elles rendent observables et manipulables des objets, des relations et des événements autrement peu accessibles. Elles décuplent nos moyens de contrôle, d'organisation et de raisonnement par des fonctionnalités techniques de plus en plus proches des fonctions naturelles de l'intelligence humaine. Elles nous mettent en relation d'échange et de collaboration à distance avec des partenaires et des domaines lointains, impensables autrement. Dans les deux secteurs de l'information et de la communication, elles sont devenues des amplificateurs cognitifs puissants de l'activité ordinaire. Chacune de ces propriétés comporte des aspects positifs et négatifs capables d'aider ou de contrecarrer fortement l'apprentissage.

● Aspects positifs

Les TIC offrent un instrument quasi naturel au bouclage (interaction circulaire) entre perception (ce que je vois) et action (ce que je fais) qui forme la base biologique de l'intelligence selon J. Piaget. Le *feedback* et la mémorisation des résultats de l'activité, constamment accessibles à l'écran, renforcent encore la relation entre ce bouclage de base et les représentations mentales qui en résultent. Cette triple interaction renforce à son tour les capacités d'autocontrôle et de conduite de son action par l'utilisateur : le "voir" pilote le "faire" qui, selon les effets obtenus, modifie les représentations qui, en retour, modifient le faire et le voir.

Les modes multiples de présentation et d'accès à l'information (multimédia, hypertexte, réseau) et leur interactivité technique apportent une dynamique, une diversité simultanée de points de vue et une réactivité qui manquaient aux médias audiovisuels classiques.

Avec la numérisation, les textes, les images et les sons deviennent des supports opératoires interchangeables de signification : ils donnent du réel des représentations multiples, non seulement descriptives mais "performatives" qui transforment effectivement les objets représentés en permettant d'agir sur eux à volonté.

Au plan épistémologique, la forme ramifiée foisonnante et fluctuante du réseau offre une alternative bienvenue aux catégorisations rigides, hiérarchies linéaires et aux descriptions statiques de la rationalité et de la planification classiques. Au plan des relations sociales, elle ouvre des possibilités illimitées d'échange et de collaboration et met en perspective l'appartenance culturelle locale de chacun.

Enfin au plan individuel, l'instantanéité des effets et l'interaction quasi magique entre voir et faire donne aux amateurs une sensation d'aisance et de toute-puissance qui ajoute une prime de plaisir importante et contribue pour beaucoup à la séduction des instruments.

Toutefois, il y a un prix à payer pour ces qualités.

- **Aspects négatifs**

Il sont le revers du positif et marquent les limites de la représentation virtuelle du réel, en éducation en particulier. On dit souvent que, grâce aux TIC, l'utilisateur étant plus actif et informé des résultats de son action, il peut mieux la diriger, prendre conscience de ses défauts et conquérir son autonomie. Il "peut" certes, mais l'expérience montre qu'en situation d'apprentissage, il ne le fait pas nécessairement, loin de là.

Avec les TIC, l'équilibre normal entre les deux fonctions biologiques d'excitation et d'inhibition est constamment rompu en faveur de la première. L'hyper-sollicitation plaisante et l'activisme zappeur associés aux interfaces ultrarapides peuvent noyer l'attention, saturer l'intention et détourner de l'effort de compréhension : surtout quand on est jeune et débutant et qu'on fonctionne plus à l'impulsion qu'au raisonnement. A l'école, on a observé que l'utilisation non encadrée des TIC incite plutôt à la recherche impatiente du résultat immédiat qu'à une réflexion sur les objectifs, les stratégies et les moyens de comprendre.

Les micromondes présentés à l'écran sont des artefacts épurés, étroitement finalisés par rapport aux buts. Réduits à quelques traits essentiels et privés de tous les aspects non directement pertinents pour la tâche, ces petits mondes sont souvent faussement simples (simplets) et en même temps abstraits et complexes dans leur fonctionnement. Leur représentation sommaire du réel, confortablement abritée des retours et des démentis déplaisants du réel, incite facilement à prendre ses désirs pour des réalités. On s'y promène sans risques ni responsabilité évidente : l'effort physique ne coûte pas, l'erreur est toujours réparable, les effets du temps sont réversibles et les morts ressuscitent à la session suivante.

Sur le réseau, la complexité et la saturation déroutante des informations et des sollicitations sont la règle. Associées à la faiblesse et à la labilité des structures de contenus, elles exigent une capacité rare de tri et de pilotage. La capacité à naviguer utilement dans la toile de l'Internet se gagne lentement. Elle n'est pas accessible à tous et la "communication" tant vantée ressemble davantage à la consommation de supermarché qu'à la quête d'information. Il faut une motivation solide pour persister dans les activités réflexives et les collaborations à distance et pour résister aux sollicitations ludiques, commerciales, déviantes ou perverses des forums et des sites.

Par ailleurs, un usage systématique et intensif des TIC est à proscrire par précaution. Au plan physiologique, on a relevé dans certaines écoles américaines très médiatisées, des effets de fatigue, de saturation et de surmenage cérébral qui demandent à être étudiés plus sérieusement qu'on ne l'a fait jusqu'ici (Oppenheimer, 1997). Au plan didactique, on ne peut espérer définir des formules universelles. Il revient à chaque discipline de définir par et pour elle-même les modalités et les domaines pour lesquels les potentiels d'aide à l'activité et à l'observation, propres aux TIC, ont le plus de chance d'être bénéfiques.

En éducation, pas plus qu'ailleurs, on ne peut donc attendre des TIC des effets automatiquement positifs. Il faut un médiateur humain pour aider les débutants à s'arracher au plaisir de l'instant et à s'engager dans les voies ardues du pilotage raisonné de l'action, de la conceptualisation et de la pensée à long terme. Loin de rendre inutile la présence des enseignants, les outils la confortent au contraire, mais en déplaçant les points de vue, les objectifs et les rôles : du souci de la transmission des connaissances au souci des conditions humaines et techniques qui la rendent possible.

C'est quand on envisage la mise en oeuvre de ces conditions que se reposent les questions de bon sens régulièrement balayées par le vent des prophéties technologiques : pourquoi et comment recourir aux TIC, en vue de quel profit pour quels apprenants, en exploitant quel aspect des outils, dans quel dispositif pratique, dans quelles situations? Pour répondre, le bon sens ne suffit pas, ni le bricolage au coup par coup.

3. Un grand besoin de repères théoriques

Ce qui manque aux TIC à visée éducative, c'est une compréhension large de toutes les composantes à la fois du phénomène. Concevoir l'enseignement des contenus indépendamment de l'apprentissage des apprenants entraîne une vision idéalisée aussi fautive que l'inverse. Dans les deux cas, il devient impossible de concevoir ensemble et d'articuler les propriétés techniques des outils avec les propriétés humaines de l'acte d'apprendre.

- **Quelques mises au point terminologiques**

On évoquera quelques précisions terminologiques issues de la recherche et qui ont l'avantage d'éclaircir certains malentendus persistants dans le domaine (Revue des Sciences de l'Éducation, 1999 ; Sciences et Techniques en Éducation, 1997).

Il convient d'abord de faire la distinction entre "interactivité" technique et "interaction" humaine. L'interactivité technique est la propriété de réactivité d'un dispositif qui lui permet de répondre adéquatement et de s'adapter à des interventions externes. L'interaction humaine est la propriété d'interdépendance et d'influence réciproque d'individus intentionnels au sein de groupes sociaux. Cette distinction rejoint celle qui oppose deux conceptions souvent confondues de la fonction d'intermédiaire symbolique : la "médiatisation" technique de la machine et la "médiation" du médiateur, politique ou pédagogique. Elle indique que les actions et les relations humaines (incarénées dans des conditions bio-psycho-sociales) ne se réduisent pas aux opérations des automates (purements logiques et analogiques) et que ces dernières ne peuvent pas s'y substituer sans perte importante de signification et d'adéquation par rapport à la tâche.

Dans le même ordre d'idée, il faut distinguer entre trois états bien différents d'un objet cognitif : son état d'"information" (donnée brute objective), son état de "connaissance" (information subjectivement assimilée par un individu) et son état de "savoir" (connaissance socialement validée et objectivée dans un document ou un discours). La confusion entre les trois états est l'une des sources importantes de désillusions en éducation, en particulier avec les TIC. On sait pourtant que transmettre une information ne garantit pas qu'elle est reçue ni comprise : les échecs typiques de la communication et de l'apprentissage résident précisément dans la déperdition entre les deux pôles.

Il en résulte qu'il ne faut pas réduire l'"environnement" d'apprentissage aux seules interactions locales entre utilisateurs et outils. L'évolution des conceptions de logiciels en ingénierie des interactions entre humains et machines (IHM) le montre clairement : on ne peut plus concevoir un logiciel en-dehors des besoins des utilisateurs et de leur situation réelle d'usage et d'échange sur le terrain. En ce domaine, on est passé en quelques années de conceptions strictement centrées sur la tâche (*task-centered*), à des conceptions centrées sur l'action individuelle de l'utilisateur (*user-centered*), puis à des conceptions "situées", centrées sur les relations interindividuelles en situation pratique de communication et de collaboration (*interaction-centered*).

- **Divers modèles de l'apprentissage, un choix**

Pour aider à repenser les technologies en fonction de leur domaine d'application, plusieurs modèles de l'apprentissage issus de théories diverses sont disponibles. Toutefois, un seul paraît satisfaisant, sans doute parce que sa vision interactive et dynamique de l'acte d'apprendre est celle qui s'accorde de plus près aux propriétés des outils.

Pour le modèle rhétorique de type magistral, l'apprentissage des élèves est une péripétie privée : ce sont les résultats à atteindre en termes de contenus et de compétences qui font l'objet des définitions. Les moyens d'y parvenir restent un aspect auxiliaire, même dans la maïeutique du dialogue platonicien.

Au contraire, pour le modèle behavioriste hérité de la psychologie scientifique américaine des années 1920 et 1930, l'apprentissage est une fonction centrale, objectivement modelable de l'extérieur. Apprendre se conditionne par la programmation minutieuse d'associations comportementales et symboliques suscitées à partir de contraintes de l'environnement. Toutefois, même dans ses versions ouvertes à la dimension "symbolique", le comportementalisme tend à sous-estimer la dimension mentale, une "boîte noire" dans laquelle on pénètre peu. Il a produit des méthodes telles que l'enseignement programmé, la pédagogie par objectifs et le référentiel de compétences, utiles aux niveaux élémentaires mais peu résistants aux réalités complexes du terrain.

A l'opposé, le modèle cognitiviste est une tentative de l'Intelligence Artificielle de modéliser sur ordinateur la connaissance en tant que "*cosa mentale*". Fondé sur le traitement rationnel de l'information, de type logico-symbolique ou neuromimétique, il a ouvert de nombreuses pistes et produit diverses formes d'enseignement assisté par ordinateur. La psychologie cognitive a beaucoup contribué à éclairer, sans vraiment la résoudre, la complexité des mécanismes de la résolution de problèmes, de la modélisation des connaissances en machine et des conduites des individus en situation réelle de tâche.

Enfin le modèle constructiviste-interactionniste (Vygotsky, Piaget, Wallon, Bruner), issu de la psychologie développementale européenne a étudié la genèse de l'intelligence et l'apprentissage des enfants dans leur milieu naturel. Il a fait de l'activité le fondement de l'intelligence et a cherché à articuler l'aspect structural et fonctionnel, pratique et conceptuel, individuel et social des conduites cognitives. Ce modèle a inspiré un grand nombre de pédagogies dites "actives", depuis Decroly, Montessori et Freinet jusqu'à Papert (Logo) et aux méthodes contemporaines de remédiation cognitive. Mais il est toujours resté cantonné dans la marge des systèmes éducatifs.

Pour nous, c'est pourtant cette dernière conception qui seule permet de décrire et de comprendre l'apprentissage de façon globale et opératoire : parce qu'elle fonde le phénomène d'apprendre sur la genèse des fonctions cognitives et cette genèse sur l'activité naturelle de l'individu dans son environnement culturel et social.

4. Vers un modèle dynamique de l'activité humaine en général

Dans la perspective interactionniste-constructiviste, apprendre est d'abord une action ou une activité. L'activité se définit comme une interaction réciproque entre des sujets et des objets dans un environnement donné. Les sujets sont des êtres incarnés, non des entités abstraites, qui évoluent constamment et se développent en passant par des phases et des paliers génériques. Ils vivent dans un espace-temps physique et symbolique qui les situe d'emblée dans les trois registres biologique, psychologique et social. Ce sont des sujets actifs auto-animés par des intentions, qui se construisent à partir des résultats de leurs propres actions et se régulent par comparaison entre intention et résultat. Le groupe socioculturel dans lequel ils sont nés les dote d'emblée de rôles, de fonctions, d'outils et de modes de vie spécifiques. Leur intention est motivée par des besoins et des désirs plus ou moins contradictoires de survie, de satisfaction et de signification partagée. L'interaction entre sujets et objets n'est donc ni neutre, ni mécanique : c'est une quête intentionnelle intéressée d'objets par des sujets au sein d'un groupe social.

Dans cette perspective, apprendre devient une activité individuelle complexe d'auto-transformation cognitive qui engage tout l'être (biologique, psychologique et social) et exige le plus souvent un fort accompagnement social pour se réaliser. Si les processus qui constituent cette activité ne sont pas spontanément présents, ils sont à développer et à (faire) apprendre, au même titre que les contenus du domaine.

En éducation et en formation, qu'apporte d'utile une telle conception de l'apprentissage ? Quelles conséquences en tirer pour l'intégration des TIC ? Quels repères en déduire, assez généraux et cohérents pour s'adapter à la diversité des situations et des acteurs, sans être ni trop vagues ni trop dogmatiques ?

Pour répondre à ces questions, nous avons commencé par élaborer un modèle générique, sommaire mais cohérent, de l'activité en général. Puis nous l'avons appliqué à l'apprentissage scolaire et essayant d'en tirer un cadre de référence et des repères susceptibles d'aider les enseignants, les formateurs et les concepteurs dans les multiples décisions qu'ils ont à prendre.

Pour cela, nous avons extrait un ensemble de principes et de concepts des théories constructiviste interactionniste du développement de l'intelligence ainsi que du modèle actantiel issu de la théorie sémiotique (Greimas, 1968 ; Courtès, 1976). Nous avons condensé ces principes en un système structuré de propositions aidant à penser ensemble et l'apprentissage et sa médiation technique. Nous avons choisi de donner à ce modèle la forme pratique d'un modèle graphique ou carte cognitive schématique donnant une description d'ensemble d'un cycle d'apprentissage.

Le modèle est descriptif, non pas prescriptif : il ne prétend pas dicter des conduites ni épuiser la complexité des situations réelles. Il vise seulement à éclairer les décideurs en offrant une vue d'ensemble et des repères généraux en termes de moments, niveaux et accidents essentiels de l'acte d'apprendre, que ce soit avec ou sans TIC (Pour plus de détails : Linard, 1999).

● **Le modèle HELICES : dynamique de la spirale**

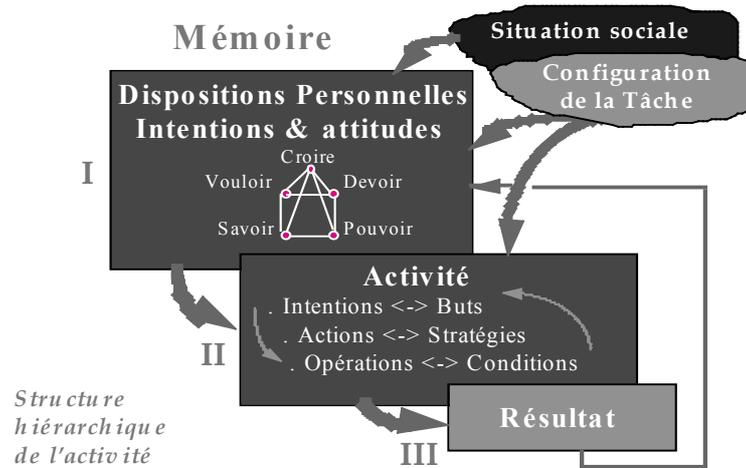
Le modèle est nommé "HELICES" pour indiquer la conception évolutive de l'action en général et la forme spiralaire de sa progression de début à fin. Le modèle est fondé sur le principe de dépendance réciproque entre sujets et objets. L'activité est traitée comme un parcours intentionnel motivé de la part de sujets, animés par une logique dramatique de quête d'objets. Cette logique s'organise sur deux axes, ou hélices, articulés entre eux.

Axe vertical hiérarchique, des différents niveaux de l'activité

On emprunte à Leontiev (1972) sa description de l'activité humaine : une structure emboîtée de trois niveaux interdépendants, chacun défini par le type d'objet qui oriente le sujet :

1. *niveau supérieur des intentions de l'activité du sujet*, orienté vers les objets de besoin et les motifs ;
2. *niveau intermédiaire des stratégies et des plans d'action*, orienté vers les buts et sous-buts définis en fonction de 1 ;
3. *niveau élémentaire des opérations*, orienté vers les conditions préalables dont dépend la réalisation des deux autres niveaux.

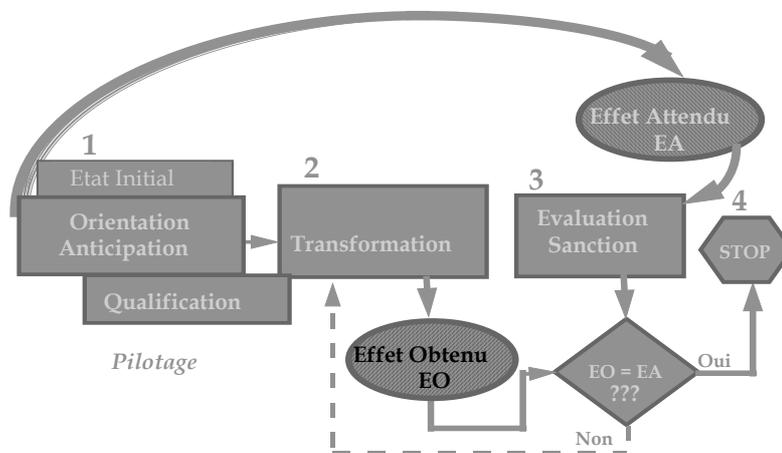
Le fonctionnement de cette structure n'est pas autonome. Il dépend directement des dispositions personnelles, des intentions et des attitudes individuelles, elles-mêmes déterminées par la situation sociale et la configuration de la tâche à accomplir.



Hélice verticale (schéma 1)

Axe horizontal séquentiel, du pilotage de l'action de début à fin

Cet axe est orienté par les buts définis en niveau 2 et inclut quatre phases : *Orientation* initiale de l'attention et de l'intention, *Qualification* dans les domaines pré-requis, *Réalisation* effective, *Evaluation* en cours et finale.



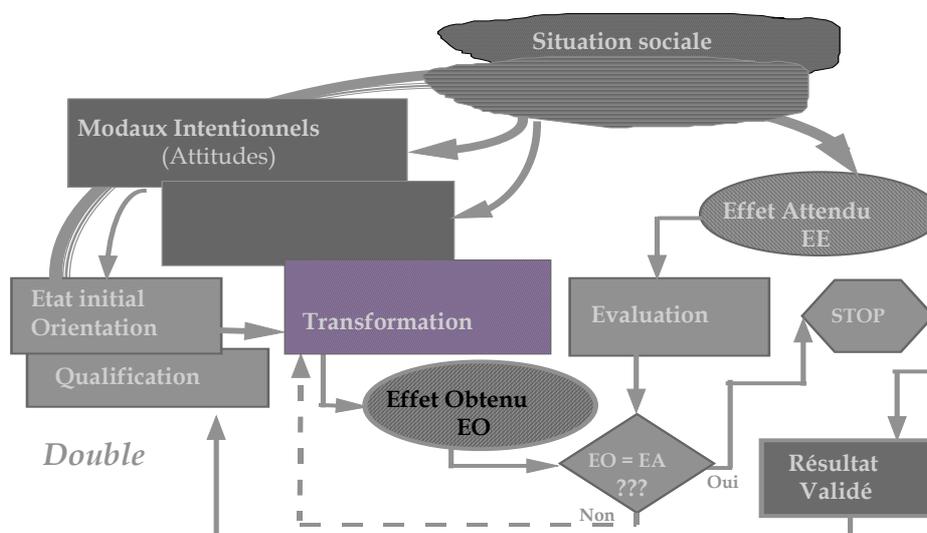
Hélice horizontale (schéma 2)

On remarque que le déroulement du cycle est tout entier tiré par la flèche qui, dès la phase initiale d'orientation, projette une image anticipée de l'effet attendu (EA). Cette image devient l'objectif à atteindre et le critère de pilotage de l'action par comparaison avec l'effet obtenu (EO).

Croisement des deux axes en phase de Réalisation

Il met en relation :

- le double pilotage hiérarchique et séquentiel du cours d'action ;
- le rôle central de l'image anticipée du but et des tests de feedback qui jouent le rôle de boussole dans l'autocontrôle et la régulation (comparaison entre effets attendus et obtenus) ;
- les multiples critères du pilotage intentionnel : cognitifs (perceptions, buts, stratégies, plans), psycho-socio-affectifs (dispositions, attitudes, normes, valeurs, conflits), temporels (interaction entre mémoire du passé et anticipations de l'avenir).



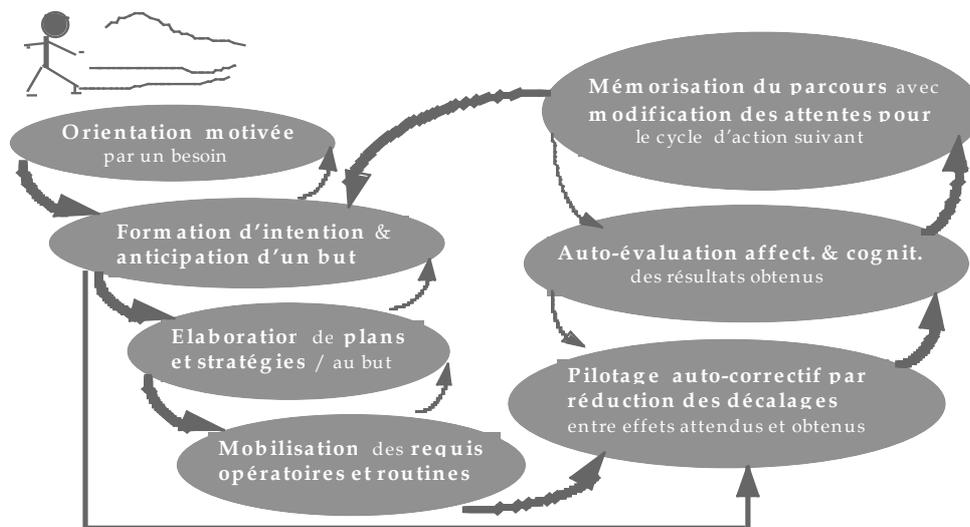
Double hélice par croisement des deux axes (schéma 3)

Le croisement des axes forme un système dynamique cohérent et évolutif dont toutes les composantes interagissent : les rôles, motifs, intentions et dispositions des acteurs, les buts – rationnels ou non – et les conditions effectives de l'action, les contraintes de la tâche et de la situation. On voit ainsi comment les sujets se pilotent eux-mêmes et se corrigent à partir de la comparaison entre intention et résultats de l'action, selon leurs dispositions individuelles et les données de l'environnement.

5. L'activité humaine, un parcours cyclique évolutif

Ainsi conçue, l'activité devient un processus cyclique auto-piloté de sujets qui interagissent avec des objets et se régulent de début à fin en se transformant à partir de leurs propres résultats.

La lecture de gauche à droite des deux axes combinés de HELICES produit un *parcours-type ou cycle canonique* (standard idéal) en sept phases qui rend compte des grandes lignes de l'évolution du processus de début à fin. Ce parcours n'est qu'indicatif, non pas prescriptif. Le cycle peut se réaliser de façons très diverses selon les particularités des acteurs, des tâches et des situations. Toutefois, au moins chez les débutants, il implique nécessairement, sous une forme ou une autre, un passage par la plupart des phases, sous peine d'incohérence et d'échec.



Parcours canonique d'une activité (schéma 4)

Il reste à voir si ce modèle générique de l'activité est capable de produire des réponses utiles aux questions que pose la médiation humaine et technique de l'activité d'apprendre.

6. Apprendre : une activité parmi d'autres

Considérons d'abord l'apprentissage comme une activité en général et appliquons-lui le modèle HELICES. Dans ce cadre, apprendre devient une quête d'objets de connaissance (symboliques culturels) de la part de sujets intentionnels et motivés (plus ou moins) qui se transforment aux plans cognitif et affectif (avec ou sans difficultés) à partir des résultats qu'ils obtiennent en situation scolaire.

Le schéma montre que l'attitude initiale des apprenants par rapport à l'objet final de connaissance est déterminante. Elle marque la phase critique où se décide la mobilisation de mécanismes coûteux d'attention, d'intention et d'effort mental. Comme pour tout autre activité, cette décision présuppose un projet (une projection de soi dans une situation future) et un minimum de dispositions favorables : motivation, capacité d'anticiper un avenir positif et de planifier ses actes en conséquence, de soutenir un effort et de s'adapter à partir des frustrations et des échecs. Cela s'appelle la volonté ou le désir d'apprendre. Cette volonté qui implique la totalité de l'individu n'apparaît qu'à des conditions précises qui sont loin d'être toujours présentes à tout instant. Pas de motivation, pas d'intention, pas de but et donc pas de boussole pour l'activité cognitive. Une telle cascade de conditions requiert tant de dispositions favorables en même temps que les apprenants ont souvent besoin d'un fort soutien extérieur pour maintenir leur activité.

• Des difficultés générales faciles à repérer

Avec HELICES, il est facile de repérer trois classes de difficultés typiques rencontrées à l'école. Chacune renvoie à une défaillance correspondant à l'une ou l'autre composante de l'activité d'apprendre,

sur l'axe vertical des divers niveaux et sur l'axe horizontal des diverses phases du pilotage de début à la fin :

- *difficultés liées à l'intention et à la motivation* : elles affectent en particulier la phase initiale d'Orientation globale de l'activité par l'intention et la phase de Qualification qui permet d'acquérir les prérequis (absence de projet, de désir ou de raison de faire ; rejet global du système scolaire et/ou social) ;
- *difficultés liées à la fixation des buts, à la planification et aux stratégies rationnelles d'action* : elles affectent plutôt les phases de Réalisation et d'Evaluation (manque de compétence en pilotage raisonné du cours d'action, activisme brouillon, impulsivité, imprévoyance, inconséquence) ;
- *difficultés liées à la mise en oeuvre opérationnelle* : elles affectent la Réalisation par manque des compétences et conditions élémentaires nécessaires à la mise en oeuvre efficace des stratégies par rapport aux buts (manque de bases) mais affectent aussi en retour la motivation et l'intention initiales ainsi que la fixation des buts (découragement face à l'échec).

● Exigences du pilotage à vue dans un parcours d'obstacles

Si l'on applique en détail le parcours cyclique de HELICES au déroulement de l'acte d'apprendre, ce dernier apparaît comme un véritable parcours d'obstacles et une navigation à risques pour l'apprenant. A chaque instant, le sujet doit mobiliser de façon adéquate un grand nombre de fonctions cognitives, les contrôler et les piloter ensemble en gardant un oeil sur les écueils et un autre sur le but final. Reformulé en termes d'un pilotage générique d'activité, l'apprentissage se décompose comme suit.

1. *Orientation sélective de l'attention* chez l'apprenant par perception d'un état de besoin ou de nécessité lié à un manque d'objet (de connaissance) pouvant apporter une satisfaction ;

2. *Représentation du but final et mobilisation de l'intention et des attitudes par anticipation* d'une image de l'état satisfaisant de connaissance à atteindre ;

3. *Elaboration et calcul de stratégies et de plans d'action* plus ou moins rationnels (anticipés, raisonnés, adaptés) par rapport au but et sous-butts qui conditionnent l'acquisition de connaissance ;

4. *Mobilisation des conditions opératoires et des routines* nécessaires à la réalisation des actions prévues en 3, avec contrôle et autocorrection des résultats intermédiaires par comparaison entre effets attendus et effets obtenus ;

5. *Persistance du pilotage et du contrôle* jusqu'au jugement de fin de cycle (effets obtenus = effets attendus ? ; connaissance acquise = connaissance anticipée en 2 ?) ;

6. *Evaluation et bilan des résultats* (positifs et négatifs) sur l'ensemble du cycle, de leur valeur *socio-affective* (plaisir de réussir, déplaisir d'échouer) et *cognitive* (qualité, efficacité, rapport coûts/bénéfices) avec modification des attitude du sujet par rapport à la connaissance et à lui-même; en tant qu'apprenant ;

7. *Mémorisation du parcours entier*, incluant les sanctions officielles et les modifications d'attitude pour le cycle suivant.

Sous cette forme, les rôles de transmission et de réception des connaissances apparaissent comme le recto et le verso de la même activité. Apprendre et enseigner sont les deux fonctions, asymétriques mais interdépendantes, d'un même parcours à réaliser par chacun selon son rôle. Chaque étape devient pour les apprenants l'occasion d'un progrès ou d'un blocage et pour l'enseignant l'occasion de repérer et d'accompagner ces péripéties par une action et une médiation appropriée. L'apprentissage des contenus devient un co-pilotage cognitif qui ne peut se réaliser que par une collaboration entre partenaires, fondée

sur une véritable "transaction" sociale (Bruner, 1983 ; 1990). Dans ce cadre, la fonction d'enseignement des contenus croît à mesure que décroît l'utilité de la fonction de tutorat des moyens d'apprendre.

7. Apprendre : une activité cognitive spécifique

Cependant, apprendre en contexte scolaire ne consiste pas seulement à conduire une activité en général. Il s'agit aussi d'accomplir une activité cognitive spécifique, de type académique, soumise à la logique des disciplines et des tâches. Cela présuppose de la part de l'apprenant sinon un goût, du moins une non-aversion, pour l'effort intellectuel et sinon un accord, du moins un non-refus, sur le principe de transformation de ses habitudes mentales.

● Le passage difficile de l'intelligence pratique à l'intelligence abstraite

Les difficultés du passage de l'intelligence pratique à l'intelligence théorique ont été repérées depuis longtemps chez les enfants par la psychologie du développement : au plan socio-affectif, lors du tutorat entre mère et enfant (capacité à orienter son attention, à anticiper et maintenir un but lointain, à contrôler ses impulsions, à tolérer la frustration et à aller au-delà de l'information donnée (Bruner, 1983); ou au plan cognitif, lors du passage de la "pensée naturelle" à la "pensée conceptuelle" (Vygotsky, 1934/85) ou de "l'abstraction empirique" à "l'abstraction réfléchie" (Piaget, 1977). Ces trois auteurs ont démontré de façon expérimentale que les structures mentales issues de l'action spontanée doivent être constamment remaniées, distancées et re-coordonnées entre elles pour devenir des bases utiles à la pensée formelle, souvent contre-intuitive.

"Réussir" une action n'est pas forcément la "comprendre" ni savoir "expliquer" comment on y est parvenu (Piaget, 1974). Apprendre à l'école implique et la réussite de l'action empirique sur les objets (de premier niveau) et son dépassement réflexif vers le second ordre structuré, général et abstrait, des propriétés et des concepts attribués aux objets par le corps social. Pour cela, le sujet doit décider de mettre en route des mécanismes mentaux de restructuration (assimilation-accomodation piagétienne, externalisation-intériorisation vygotskienne) ardues et coûteuses.

● La représentation cognitive : schèmes et concepts

Les difficultés propres à cette restructuration s'expliquent quand on les examine dans une perspective de genèse mentale. La connaissance apparaît comme une formation individuelle progressive de représentations internes qui se développent dans le temps à partir des interactions entre le corps et son environnement physique et social. Ces représentations ne sont pas des copies conformes du réel. Ce sont des modèles internes ou schèmes que chacun se construit par structuration progressive et mémorisation des régularités (invariants d'objet) extraites de l'expérience passée et des savoirs sociaux qui y sont associés. Pour Piaget, les schèmes sont des "totalités dynamiques organisées", composées de ce qui dans une action ou une opération est répétable et transposable à d'autres situations. Les schèmes se forment, se coordonnent et se transforment par interaction circulaire, ou plutôt spiralaire, à partir de leur propre fonctionnement. Ils sont à la fois les produits qui résultent de l'interaction des sujets avec leur environnement et les processus régulateurs qui déterminent cette même interaction.

La recherche contemporaine en psychologie cognitive (Revue "Psychologie Française", 1985 ; Ehrlich, Tardieu & Cavazza, 1993) montre par ailleurs que les représentations mentales ont de multiples modalités qui correspondent à leur lieu d'origine et à leur niveau d'évolution : conscientes ou inconscientes, permanentes ou circonstancielles, cognitives ou socio-affectives, concrètes (proches de leur origine sensori-motrice et émotionnelle) ou abstraites (constituées de symboles formalisés), pratiques (issues de

l'action), imagées (issues de la perception), procédurales (opératoires abstraites) ou conceptuelles (descriptives abstraites). Toutes ces modalités, plus ou moins mobilisées selon les objets d'apprentissage, doivent interagir et se coordonner correctement en vue du résultat final.

Chez Vergnaud (1985), la représentation mentale dépasse l'opposition piagétienne entre schèmes figuratifs et schèmes opératoires. Elle ne produit pas seulement des copies internes du réel, elle l'organise en orientant l'action volontaire : "La fonction principale de la représentation est de conceptualiser le réel en vue d'agir efficacement." Ainsi : "Les schèmes organisent les conduites des sujets à partir du découpage du réel en objets, propriétés et relations de différents niveaux et en recourant à des prises de position sur le réel (théorèmes en actes). Ces actes de pensée sont aussi des décisions : "..., des constructions propres qui ne se réduisent pas aux régularités déduites de l'expérience".

Selon l'auteur, les contenus ou signifiés des schèmes mentaux se composent de quatre catégories d'éléments fonctionnels : d'une part, les invariants opératoires de base (objets, propriétés, relations, processus), et d'autre part les règles d'action et procédures, les attentes et prédictions, les inférences ou raisonnements logiques qui s'appliquent aux invariants de base. Les signifiants sociaux imposés par la langue jouent aussi un rôle primordial de modélisation dans la construction et l'organisation individuelle des invariants. C'est donc : "... dans l'interaction entre faire et dire que le sujet apprend" (voir aussi : Bruner, 1983, 1990).

Comparés aux schèmes pratiques d'action, les concepts sont des schèmes abstraits évolués, profondément remaniés par les règles de la culture savante. Ils retraduisent les propriétés du réel en réseaux symboliques de signifiés, ordonnés de façon normative selon des dénominations strictement définies. Vergnaud décrit le concept comme un triplet de trois ensembles : l'ensemble S des situations qui donnent sens au concept, l'ensemble I des invariants opératoires, règles d'action, anticipations et inférences qui décrivent son contenu et l'ensemble Σ des signifiants ou symboles qui permettent de représenter les deux ensembles S et I.

Les concepts étant des produits hautement culturels et épurés, il est inutile d'attendre qu'ils s'auto-produisent spontanément à partir de l'action individuelle, même s'ils conservent toujours avec cette dernière un rapport lointain. Les concepts doivent absolument s'apprendre par un effort délibéré, à partir des modèles et des critères imposés par le corps social.

L'apprentissage à l'école exige donc de l'apprenant qu'il passe par des niveaux d'abstraction très différents. On en rappelle au moins deux, en référence à J. Piaget (1977) :

- *l'abstraction empirique* élémentaire issue de l'interaction pratique avec les objets du réel ; elle relève de la capacité du sujet à "lire" et comprendre les objets et les situations ici-maintenant en extrayant correctement les invariants pertinents (d'objets, de temps, espace et causalité) et à piloter son activité en conséquence par des schèmes adéquats (d'action, d'anticipation, d'opération) ;
- *l'abstraction opératoire formelle* propre à l'apprentissage conceptuel; elle résulte de la capacité du sujet à prendre du recul par rapport aux propriétés immédiates des objets de son expérience, à les re-combiner et à les compacter par abstraction "réfléchissante" puis "réfléchie" en métaschèmes (classes de classes, relations de relations), intégrés à un plan supérieur d'ordre symbolique; elle produit des objets et des principes généralisés émancipés de leurs conditions pratiques de production.

Il convient d'ajouter un autre type d'abstraction, *l'abstraction métacognitive*. Sans cette capacité réflexive de retour critique sur ses propres stratégies cognitives et sur les causes de leurs réussites et de leurs échecs, il n'est pas d'auto-évaluation ni d'autocorrection possible.

L'étude récente de Healy and Hoyles (1997) confirme après bien d'autres, le bien-fondé de ces distinctions. Les auteurs ont étudié en détail les interactions verbales spontanées sur plusieurs séances de

deux élèves travaillant en paire sur le principe de symétrie en mathématique à partir d'un logiciel de type micromonde LOGO. Les fonctions du logiciel, conçu dans une perspective constructiviste et interactionniste, sont tout entières mises au service de l'exploration en actes du problème par les élèves. Les auteurs constatent après analyse que le dispositif incite effectivement les élèves à formuler explicitement les invariants sous-jacents à leurs actions pratiques et à accéder à un certain niveau intermédiaire d'abstraction. Cette "abstraction située" (liée à la tâche et à l'outil mais détachée des procédures élémentaires) se développe à partir du réseau de connexions établi par les élèves entre trois registres d'activité : l'action pratique (sur les objets représentés à l'écran), la perception iconique (visualisation des effets et des traces) et le codage symbolique (textuel, graphique, mathématique).

Toutefois, les auteurs remarquent aussi, à la suite d'autres chercheurs, que cette abstraction reste locale (non généralisée) et fragmentaire et que l'activité spontanée des élèves reste avant tout régie par le principe de moindre effort cognitif. Ces derniers tendent malgré tout à préférer les résultats aux explications, les procédures répétitives connues aux procédures complexes à inventer, les routines certaines aux stratégies incertaines. Ils tendent aussi à considérer équivalentes les évidences implicites propres au visuel et les formulations explicites propres au symbolique. Ils préfèrent ignorer les contradictions gênantes dans les résultats, éviter les vérifications et les confrontations de leurs actes pour s'épargner les remises en cause et ils utilisent rarement la totalité des ressources à leur disposition.

Les auteurs soulignent qu'il y a un "au-delà du micromonde" du logiciel à assurer pour aider les élèves à accéder à l'abstraction scientifique. L'enseignant doit intervenir en tant que médiateur et aménager une stratégie pédagogique qui encourage les élèves à changer de point de vue, à utiliser toutes les ressources disponibles en cas de difficulté, à effectuer les vérifications et validations nécessaires de leurs actions et à justifier verbalement leurs résultats et stratégies (*op. cit.*, p. 92).

On retrouve exactement les mêmes principes dans la présentation de la "pédagogie interactive" exposée ci-dessous.

8. Pédagogie interactive et interactivité des TIC

Diverses études de psychologie sur les débuts de l'apprentissage chez les enfants et les adultes en difficultés montrent qu'il existe des stratégies pédagogiques efficaces pour accompagner l'évolution des structures de représentation propres aux niveaux empirique, conceptuel et métacognitif (Bruner, 1983, 1990 ; Vergnaud, 1989 ; Stambak, 1999). Ces stratégies se rapprochent de certaines méthodes de recherche-action en sciences humaines. Elles partent du principe que : "Apprendre, c'est construire des savoirs en interaction avec autrui." (Stambak, 1999 ; Hardy, 1999). Elles consistent non seulement à favoriser l'activité individuelle de l'apprenant, avec ou sans outils techniques, mais aussi à créer les conditions sociales d'une réflexion par une interaction méthodique à propos de la tâche à accomplir.

Dans ce but, on applique une "pédagogie interactive" à trois temps qui alterne de façon systématique des phases d'action pratique, de comparaison des résultats et de réflexion ainsi que des modalités individuelles et collectives d'activité. Le travail des apprenants par pairs ou en petits groupes entraîne la confrontation des productions, la comparaison des résultats obtenus entraîne leur discussion, l'analyse des conflits cognitifs entre solutions concurrentes et le besoin de synthèse entraîne la demande de mises au point et d'apports structurés de la part de l'enseignant. Les contenus à acquérir deviennent ainsi l'occasion de créer pour les apprenants un dispositif dynamique d'"auto-évaluation régulatrice" (Schwartz) et de co-construction, cognitive et socio-affective, de la capacité à apprendre (Stambak, *op. cit.*, p. 13).

Le retour systématique des effets sur les causes de l'action (*feedback*) et la comparaison entre résultats attendus et résultats observés fournissent le moteur et l'instance commune de régulation des actions. La confrontation des points de vue, le besoin de se mobiliser pour les expliciter et les défendre, la négociation pour arriver à des solutions acceptables sont des leviers indirects de "pression sociale" qui créent une

stimulation permanente. Ils incitent de façon quasi naturelle à la prise de distance métacognitive qui conditionne le passage à l'abstraction réfléchie.

En termes de théorie de l'activité, le dispositif inventé par la pédagogie interactive a de multiples avantages pour les débuts d'un apprentissage. Il crée les conditions qui facilitent chez les apprenants le moment sensible de la fixation de l'intention et du projet en l'ancrant dans la dynamique d'une action ciblée et contrôlable. Il met en synergie les processus individuels difficiles de repérage, extraction et mobilisation des invariants du domaine au moment crucial de la détermination des stratégies d'action. L'analyse collective des réussites, des difficultés et des échecs les relativisent et facilitent les stratégies d'autocorrection pour y remédier. La décentration cognitive, l'effort d'abstraction et la réflexion sur ses propres modes de connaissance deviennent des processus naturels d'adaptation aux exigences de la tâche et du groupe social. Le passage aux concepts et la réflexion théorique apportée par l'enseignant se transforme en un besoin ressenti, un moment désiré de synthèse et de "mise en ordre des idées". Ce n'est plus une imposition abstraite. Avec ou sans TIC, l'apprentissage interactif des moyens de la connaissance ne contredit pas la transmission des contenus, il la prépare.

Pas plus que les autres, la pédagogie interactive ne peut s'imposer comme modèle unique. Mais elle offre un cadre théorique et pratique particulièrement favorable à l'exploitation pour les débutants des potentiels d'interactivité propres aux TIC.

9. En conclusion

Notre propos était de montrer que, en éducation et en formation, l'intégration des TIC est moins un problème de machines, de budget et de mode d'emploi qu'un problème épistémologique de définition de la connaissance, de vision de l'apprentissage et de conception des méthodes et dispositifs qui les accompagnent.

La neutralisation des TIC par la domination du modèle magistral est une hypothèse de travail. Elle ne masque pas une croisade contre ce modèle, au contraire. Elle est un plaidoyer pour une multiplicité de dispositifs à inventer selon une diversité de modèles correspondant à la diversité des publics, des niveaux, des tâches et des styles sur le terrain. Si la pédagogie interactive devenait une norme exclusive, elle aussi montrerait ses limites.

Pour aborder théoriquement ces problèmes, on s'est appuyé sur le principe constructiviste interactionniste d'interdépendance évolutive entre sujets et objets, corps et pensée, besoins et intentions, individu et environnement social. En éducation, ce principe entraîne que discours du maître et activité des apprenants, exposé des contenus et acquisition des processus sont deux versants interdépendants de l'accès à la connaissance. L'activité empirique devient une condition de l'accès au concept et ce dernier devient un but de l'activité empirique. Maintenir une opposition radicale entre les deux relève plutôt de la fixation idéologique que de la science et de la réalité.

Notre second but était de montrer que les TIC ont tous les potentiels nécessaires pour devenir des outils remarquables d'apprentissage et qu'elles peuvent accompagner efficacement diverses formes de pédagogie : en particulier les pédagogies interactives parce qu'elles fournissent le cadre théorique et l'accompagnement social qui fait défaut à la pure interactivité technique.

Une telle perspective entraîne des effets en chaîne sur le système éducatif. Elle oblige à reconnaître que l'apprentissage formel est pour de nombreux individus une entreprise périlleuse qui exige un accompagnement cognitif et socio-affectif précis, en particulier aux passages critiques. Elle invite à prendre en charge ces passages par des méthodes et des dispositifs délibérément conçus à cette fin. Elle incite à se déprendre de l'emprise des programmes en termes exclusifs de contenus et à accepter de "perdre du temps" pour faire acquérir les compétences préalables à ceux qui n'en disposent pas d'emblée. Malheureusement, les pédagogies (inter)actives sont des méthodes qui exigent davantage de temps que les

autres et une formation différente des enseignants. Reste à décider si le surcoût induit compense ou non le gâchis d'intelligence, l'exclusion massive et les déficits sociaux qu'entraîne le *statu quo*.

Il n'y a rien de très neuf dans ces considérations. Ce qui est nouveau c'est le fait que, en mettant l'interactivité technique au fondement de la production et de la diffusion des savoirs, les TIC rendent aux acteurs humains et à l'interaction sociale leur place centrale dans la transmission et dans l'acquisition des connaissances.

Références bibliographiques

- Barth B-M., 1987 : *L'apprentissage de l'abstraction : méthodes pour une meilleure réussite de l'école*, Retz, Paris.
- Belisle C., Linard M., 1996 : "Quelles compétences des acteurs de la formation dans le contexte des TIC ? *Formation Permanente*, n° 127, 19-47.
- Bruner J.S., 1983 : *Le développement de l'enfant, savoir faire, savoir dire*, trad. fcse, PUF, Paris.
- Bruner J.S., 1990 : *Acts of meaning*, Harvard U.P., trad. fcse, 1991, ... *Car la culture donne forme à l'esprit : de la révolution cognitive à la psychologie culturelle*, Eshel, Paris.
- Courtes J., 1976 : *Introduction à la sémiotique narrative et discursive*, Paris, Hachette Université.
- Ehrlich M.F., Tardieu H., Cavazza M., 1993 : *Les modèles mentaux : approche cognitive des représentations*, Masson, Paris.
- Gabriel Ph., 1998 : "Enseignement et informatique pour tous : où en sommes-nous ?", *Revue Française de Pédagogie*, n° 124, juil./août/sept., 99-108.
- Greimas A., 1968 : *Sémantique Structurale*, Paris, Seuil.
- Hardy M., 1999 : "Pratiquer à l'école une pédagogie interactive", *Revue Française de Pédagogie*, n° 129, Oct. Nov. Déc., 17-28.
- Haymore Sandholtz J., Ringstaff C., Owyer D., 1997 : *La classe branchée : enseigner à l'ère des technologies*, trad.fcse : Paris, CNDP, coll. Ingénierie Educative.
- Hoyle C., Healy L., 1997 : "Un micromonde pour la symétrie axiale : une base de co-construction de concepts mathématiques ?", *Sciences et Techniques Educatives*, Vol. 4, n° 1, 67-97.
- Jacquinet G., Meunier C. (ss. Dir.), 1999 : "Introduction : l'interactivité au service de l'apprentissage", *Revue des Sciences de l'Education*, Vol. XXV, n° 1.
- Linard M., 1996 : *Des machines et des hommes : apprendre avec les nouvelles technologies*, L'Harmattan, Paris.
- Linard M. 1999 : Série "Itinéraires de vie de chercheurs en technologies éducatives", CD Rom, INRP, 29 rue d'Ulm, 75230, Cedex 05, Paris.
- Oppenheimer T., 1997 : "The Computer Delusion", *The Atlantic Monthly*, Vol. 280, n° 1, 45-62.
- Pailhous J., Vergnaud G. (ss dir.), 1989 : *Adultes en reconversion : faible qualification, insuffisance de la formation ou difficultés d'apprentissage ?*, La Documentation Française, Paris.
- Piaget J., 1974 : *Réussir et comprendre*, PUF, Paris.
- Piaget J., 1974 : *La prise de conscience*, PUF, Paris.
- Piaget J., 1977 : *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*, PUF, Paris.
- Pochon L.O., Grossen M., 1997 : "Les interactions homme-machine dans un contexte éducatif : un espace interactif hétérogène", *Sciences et Techniques Educatives*, vol. 4, n° 1.
- Pouts-Lajus S., Riché-Magnier M., 1998 : *L'Ecole à l'heure d'Internet : les enjeux du multimedia dans l'éducation*, Nathan-Pédagogie, Paris.
- Rabardel P., 1995 : *Les hommes et les Technologies : approche cognitive des instrument contemporains*, Armand Colin, Paris.
- Ramozzi-Chiarottino Z., 1989 : *De la théorie de Piaget à ses applications : une hypothèse de travail pour la rééducation cognitive*, Centurion, Paidos, Paris.

- Schneuwly B., Bronckart J.P. (ss. dir.), 1985 : *Vygotsky Aujourd'hui, Textes de Base en Psychologie*, Delachaux-Niestlé, Neuchâtel - Paris.
- Stambak M., 1999 : "Donner à tous envie d'apprendre : cheminement et découvertes de l'équipe du Cresas", *Revue Française de Pédagogie*, n° 129, 7-16.
- Tricot A., Rufino A., 1999 : "Modalités et scénarios d'interaction dans les hypermédias d'apprentissage", *Revue des Sciences de l'Education*, Vol. XXV, n° 1, 105-129.
- Vergnaud G., 1985 : "Concepts et schèmes dans ma théorie opératoire de la représentation", *Psychologie Française*, nov., T. 30, 3/4, 245-251.
- Vygotsky L.S., 1934, 1985 : *Pensée et Langage*, trad. fcse, Editions Sociales, Paris.
- Wallon H., 1942 : *De l'acte à la pensée*, Flammarion, Paris.

Revue :

- Cahiers Pédagogiques*, Mars 1998, n° 362, "A l'heure d'Internet", Paris.
- Psychologie Française*, Nov. 1985, T. 30, 3/4 (ss. dir. S. Ehrlich) : "Les Représentations", Armand Colin, Paris.
- Revue Française de Pédagogie*, n° 129, oct./nov./déc., 1999 (ss. dir. : F. Platone) : "L'école pour tous : conditions pédagogiques, institutionnelles et sociales", INRP, Paris.
- Revue des Sciences de l'Education*, n° spécial, 1999 (ss. dir. : C. Meunier, G. Jacquinet) : "L'interactivité au service de l'apprentissage", vol. XXV, n° 1, Montréal, Québec.
- Sciences et Techniques Educatives*, n° spécial (ss. dir. : L.O. Pochon, M. Grossen) : "Interactions Homme-machine et apprentissage", vol. 4, n° 1/1997, Hermès, Paris.