



HAL
open science

Concevoir des environnements pour apprendre : l'activité humaine, cadre organisateur de l'interactivité technique

Monique Linard

► **To cite this version:**

Monique Linard. Concevoir des environnements pour apprendre : l'activité humaine, cadre organisateur de l'interactivité technique. Sciences et Techniques Educatives, 2001, Environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur - EIAO'2001, 8 (3-4), pp.211-238. edutice-00000274

HAL Id: edutice-00000274

<https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000274>

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.

Concevoir des environnements pour apprendre :

l'activité humaine, cadre organisateur de l'interactivité technique¹

Monique Linard

*Professeur émérite,
Université Paris X - Nanterre
Monique.Linard@Wanadoo.fr*

RÉSUMÉ : En éducation, il est impossible de concevoir des interactions humains-machines efficaces sans un cadre de référence qui intègre en un tout cohérent les caractères de l'apprenant, des outils, des tâches et des situations. En sciences humaines, la psychologie du développement, la sociologie et la sémiologie définissent l'action comme une relation significative entre sujets et objets. Elles fondent la connaissance sur les dimensions de motivation, d'intention et de sens ignorées par les théories de l'information. HELICES est un modèle constructiviste interactionniste de l'activité qui vise à offrir des repères pour une conception intégrée des environnements éducatifs. Dans ce cadre, les interfaces sont traitées comme des dispositifs symboliques au service de l'activité spontanée des apprenants et de son dépassement. Les objets, fonctions, et outils sont conçus et mis en scène pour accompagner et provoquer, non superviser, la prise de conscience et l'autocontrôle de ses actions par l'apprenants.

ABSTRACT : The design of man machine interactions is a particularly arduous job with learning environments. It won't prove efficient unless a global frame of reference brings the specific-features of learners, tools, tasks and situations into a congruent whole. In the social and human sciences, activity theories define action as a relationship between subjects and objects. Developmental psychology, sociology and semiotics help reinstate the dimension of motivation, intention and meaning suppressed in the abstract formalisms of knowledge as information treatment. HELICES is a generic model of activity whose aim is to facilitate the design of constructivist interactionnist types of learning environments. Within this frame, environments and interfaces are treated as functional symbolic devices conceived both to assist and extend the learner's spontaneous steps of action. Objects, functions and tools are designed and staged so as to support and challenge, not supervise, the awareness and self-control of their actions by learners.

MOTS-CLÉS : Interactions humains-machines, Interactivité, Conception d'Environnements d'Apprentissage, Théories de l'Activité Humaine, Connaissance et action.

KEY WORDS: Computer-Human Interaction, Design of Learning environments, Computer interactivity, Human Activity Theories, Cognition as Action.

1. INTRODUCTION

La diffusion rapide des TIC dans tous les domaines rend de plus en plus acceptable le principe de leur intégration en éducation et en formation. Toutefois, cette intégration est encore loin d'être réalisée. Les principaux obstacles, liés aux conditions d'environnement technique et économique, pédagogique et institutionnelle, sont maintenant connus (Haymore-Sandholtz *et al.*, 1997 ; Jacquinet et Meunier, 1999 ; Pouts-Lajus et Richier-Magné, 1998 ; Rabardel, 1995 ; *Revue Française de Pédagogie*, 1999 ; *Revue Le Français dans le Monde*, 1997) . Nous ne les aborderons pas ici.

Reste la question de la conception-réalisation proprement dite des ressources technologiques. Dès les années quatre-vingt, des pionniers en sciences cognitives tels que Winograd (1986) et Norman (1986, 1988, 1991) demandaient un changement radical de perspective dans la conception de l'interaction entre humains et machines. Ils plaidaient l'abandon des conceptions abstraites fondées sur les seules exigences du calcul logique et des propriétés des machines (*computer-centered*) ou sur les seules contraintes de la tâche (*task-centered*). Ils montraient la nécessité de

¹ Cet article a été publié en 2001, dans : E. Delozanne et P. Jacoboni, "Interaction homme-machine pour la formation et l'apprentissage humain", *Sciences et techniques éducatives*, vol. 8, n° 3-4, pp. 211-238.

passer à une conception plus ouverte et pragmatique centrée sur les besoins réels de l'utilisateur en situation d'activité (*user-centered*). Cette position revenait à dire que la conception de logiciels ne peut pas se limiter à la description de la tâche ni cette dernière à l'analyse objective des objectifs, procédures et contenus. Dans le domaine des IHM, Bannon (1991) montrait qu'il était temps pour les concepteurs de passer de l'analyse des tâches en termes de "facteurs" abstraits à l'analyse de leurs "acteurs", agents dotés d'intelligence et de compétence dans leur travail.

Depuis, avec l'apparition de la micro-informatique, du multimedia interactif et du réseau, la conception en IHM a beaucoup évolué. Cependant, on a progressé davantage au plan empirique que théorique. Alors que l'évolution des techniques met la connaissance et l'apprentissage au centre des préoccupations, on ne sait toujours pas décrire leur fonctionnement effectif de façon satisfaisante. Ni les théories de l'information, ni celles de la communication n'ont été capables de les saisir dans l'ensemble de leurs aspects. Et les sciences cognitives qui ont fait beaucoup avancé la réflexion sur l'acquisition des connaissances en tant qu'objets d'information, n'offrent pas les repères simples et opératoires susceptibles d'en guider les applications et les usages pratiques, en éducation en particulier.

2. FAIRE APPRENDRE AVEC DES OUTILS : CONCEPTION D'IHM ET DEFINITIONS PREALABLES

L'application des TIC à l'éducation est toujours difficile. En ce domaine, le concepteur de logiciels ne peut pas compter sur une base préexistante de motivation ou de compétence de l'utilisateur pour pallier les faiblesses du design, puisque c'est précisément cette compétence qu'il s'agit de faire acquérir. Or cette acquisition ne va pas de soi, moins encore chez les élèves, enfants ou adultes, qui n'en possèdent pas d'emblée les mécanismes de base. Contraints de tout découvrir à la fois, les débutants sont des utilisateurs vulnérables que perturbe la moindre erreur de conception et qui réagissent souvent par l'abandon. Il en résulte que, en éducation, les exigences du cahier des charges sont plus contraignantes et plus nombreuses qu'ailleurs.

2.1. Le double fossé entre information et connaissance, espace-tâche et espace-problème

La conception d'interfaces pour apprendre continue de se heurter à deux difficultés de fond, bien explorées par la psychologie cognitive.

La première tient à la différence radicale, constamment négligée, entre information et connaissance. L'information est le traitement rationnel, et l'état qui en résulte, de données objectives, matérielles et symboliques, manipulables et stockables dans des documents physiques. La connaissance est, chez un individu, l'état subjectif interne de ces données produit par assimilation et auto-transformation mentale. Entre information et connaissance se situent *les* savoirs ou connaissances-objets, systématisés et organisés par l'usage social. *Le* savoir est la capacité individuelle de mobiliser ces savoirs ou connaissances par rapport à une activité donnée. Le passage de l'état objectif d'information à l'état subjectif de connaissance et de savoir est complexe : il constitue l'objet même de l'apprentissage et de ses interrogations.

La seconde difficulté redouble la première. C'est la discordance de compétence qui sépare l'"espace-tâche" propre à l'expert et l'"espace-problème" propre à l'apprenant. L'espace-tâche est la description objective idéale, par le spécialiste, des contenus et des procédures d'un domaine ou d'un travail en fonction de buts définis. Cette description peut se stocker sous forme d'"information" et de connaissances-objets dans les dictionnaires et les bases de données. L'espace-problème est la configuration subjective interne des représentations mentales et des actions que le concepteur et l'utilisateur mobilisent à propos de la tâche en question. Cet état de connaissance est individuel : il peut se décrire et se comparer mais il ne peut pas se stocker ni s'échanger. Il ne peut que se modifier et se tester par ses conséquences observables.

Comment aider l'apprenant à franchir ce double fossé entre données objectives et intériorisation subjective ? Au-delà de toutes les innovations techniques, la question ne cesse de se poser en éducation.

Notre hypothèse est que les difficultés d'intégration des technologies en ce domaine persistent en raison d'obstacles moins techniques que théoriques et épistémologiques, aussi bien chez les enseignants que chez les concepteurs.

2.2. La connaissance : un concept à double face

La psychologie du développement de l'intelligence (Vygotsky, 1934, 1978 ; Piaget, 1946, 1976, 1974 ; Wallon, 1942 ; Bruner, 1973, 1990) l'a montré depuis longtemps : "la" connaissance n'est pas seulement un ensemble de produits ("les" connaissances et savoirs déposés dans les dictionnaires et encyclopédies). Elle est aussi et d'abord un processus individuel de production. En tant que processus, elle dépend pour chacun de fonctions de construction mentale qui mettent en relation les deux faces, externe et interne, de son expérience. De ce point de vue, "la connaissance" est une genèse dynamique par soi et pour soi, de structures cognitives qui évoluent dans le temps. Cette genèse ne se fait pas dans l'absolu, ni dans l'isolement. Elle résulte de l'activité significative de sujets en relation avec des objets au sein d'un environnement donné.

Avec cette définition à double face, objective et subjective, la connaissance devient un phénomène complexe. Les processus généraux en sont théoriquement prévisibles puisqu'ils sont déterminés par des mécanismes universels de développement physique et mental. En même temps, au plan de la réalisation individuelle, ils restent en partie imprévisibles puisque leur fonctionnement dépend des propriétés, chaque fois différentes, de la tâche, des sujets-acteurs – bien plus complexes que de simples agents fonctionnels –, de la situation et des outils en jeu.

2.3. Qu'est-ce qu'apprendre ?

Les réponses à la question "qu'est-ce qu'apprendre", sont aussi anciennes qu'innombrables. Dans le domaine de la conception informatique, deux grands modèles issus de la psychologie américaine ont longtemps servi de cadre de référence à la production de systèmes automatisés d'apprentissage.

Le modèle behavioriste, fondé sur le conditionnement des comportements observables, a surtout inspiré l'enseignement programmé de type linéaire skinnerien ou arborescent crowderien, ainsi que les premières générations d'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO). Le modèle cognitiviste, fondé sur le traitement logico-symbolique de l'information, a surtout inspiré les générations de l'EIAO (Enseignement ou Environnement Intelligent Assisté par ordinateur). Les deux modèles ont beaucoup contribué à faire progresser la réflexion sur l'acquisition formelle des connaissances et leur modélisation. Toutefois, pour se faciliter l'analyse, ils ont pris le parti d'évacuer le sujet agent de cette acquisition et de se concentrer sur des dimensions objectives plus facilement maîtrisables : que ce soit les comportements observables, la tâche à exécuter ou les fonctions cognitives associés à cette tâche. Cette logique d'ingénieur-expert a permis de rationaliser au maximum les conceptions et les interfaces, mais elle a abouti à des produits abstraits, rigides et peu accessibles au grand public. Au début des années quatre-vingt, l'arrivée des micro-ordinateurs et l'évolution des techniques vers l'interactivité ré-introduisait de fait l'activité de l'utilisateur comme paramètre central dans la conception des systèmes. Elle mettait brutalement en lumière les limites des deux modèles. A la fin des années quatre-vingt, il fallut se tourner vers d'autres sources pour adapter la théorie aux exigences d'autonomie, de convivialité et de flexibilité induites chez les utilisateurs par les possibilités nouvelles des outils.

2.4. La conception d'IHM en éducation : un problème à trois termes

Dans ce cadre, la conception de systèmes éducatifs devient un problème à trois termes. Comment concilier la description objective des tâches et des contenus avec les dispositions subjectives individuelles des apprenants et avec la dynamique générale des processus d'apprentissage qui les sous-tendent ? La reformulation ne simplifie pas le problème, mais elle explique l'écart qui sépare les espaces cognitifs du concepteur-expert et de l'utilisateur-novice.

Pour l'apprenant comme pour le concepteur, l'interface est par nature un espace interactif et sémiotique "hétérogène" (Pochon et Grossen, 1997b) : un composé complexe de significations, de représentations et d'actions, physiques et symboliques, à gérer et à conduire ensemble. L'écran, support des interactions physiques et symboliques entre système et utilisateurs, condense au moins trois domaines fonctionnels différents : *celui des contenus et de la tâche* proprement dite ; celui de *la navigation* de l'utilisateur dans le micromonde artificiel proposé par le système ; *celui du pilotage par l'apprenant* de son propre apprentissage par rapport aux deux autres domaines.

Du point de vue du débutant, le logiciel cumule donc les contraintes de trois types interdépendants d'apprentissage, chacun associé à un champ différent d'action et de représentation : *les contenus de connaissance et la tâche*

proprement dite, symbolique objectif ; *la navigation* dans le cyber-espace des objets et des fonctions proposés par le logiciel, technico-pratique ; *la conduite de son propre apprentissage* dans l'environnement cognitif constitué par les deux précédents, psychologique réflexif.

Du point de vue du concepteur, les mêmes contraintes s'énoncent autrement. Selon Norman (1988), tout concepteur soucieux des réactions de ses utilisateurs se trouve confronté à trois univers différents de représentation cognitive à harmoniser : l'univers des représentations de la tâche propres au *concepteur* ; l'univers des représentations graphiques et symboliques (objets, fonctions, procédures) telles qu'il les propose dans *l'interface* selon l'image qu'il se fait de l'utilisateur face à la tâche ; l'univers des représentations mentales et des actions de *l'utilisateur* quand il met en oeuvre les précédentes en fonction de ses dispositions personnelles, des configurations de la tâche et du logiciel. L'expérience montre que les trois univers se superposent rarement : moins encore quand il existe au départ, comme c'est le cas en éducation, un différentiel maximal de compétence entre concepteur-expert et utilisateur-novice.

Au plan de la conception, la seule stratégie possible pour éviter les incohérences entre les trois dimensions de la tâche, de la navigation et de la conduite de l'apprentissage, est de les traiter ensemble dès le départ. Mais il faut pour cela renverser les priorités et reconnaître à l'interface et aux écrans un rôle essentiel dans l'architecture du système. Il faut en faire le pivot central d'un dispositif où la logique de la tâche et l'interactivité du système sont dès le départ soumises aux impératifs de l'acte d'apprendre et non pas l'inverse.

Dans cette perspective, comment organiser et mettre en scène les relations entre apprenants et écrans d'interface de façon à rapprocher au maximum les exigences du spécialiste et les besoins du débutant ? Comment, au-delà des différences individuelles, assister au mieux pour chacun l'interaction entre les trois domaines imbriqués de la tâche, de la navigation et de la conduite de son propre apprentissage ? Quelle doit être la nature de cette assistance : par supervision centrale du système ou bien par accompagnement de l'activité spontanée de l'apprenant ? Et dans ce cas, comment définir cette activité ?

Il est impossible de répondre à ces questions sans une perspective théorique, même élémentaire et provisoire, ne serait-ce que pour définir l'activité des apprenants et mettre effectivement les outils à leur service. Un cadre de référence est indispensable pour orienter l'analyse et décrire de façon globale et cohérente, les acteurs, leur activité, la tâche et les circonstances.

3. THEORIES DE L'ACTION ET DE L'ACTIVITE HUMAINES

La plupart des théories de l'action sont issues des sciences humaines et remontent au début du siècle. Longtemps ignorées par les sciences de l'information, elles ont été redécouvertes à la fin des années quatre-vingt, en particulier par les concepteurs d'IHM (Interactions entre Humains et Machines). Ces derniers se trouvaient directement confrontés aux exigences nouvelles des utilisateurs suscitées par l'évolution rapide des techniques et à l'inadaptation des interfaces classiques à leurs besoins de non spécialistes en informatique (Bannon, 1991 ; Norman & Draper, 1986 ; Norman, 1988, 1991 ; Winograd et Flores, 1987).

La théorie de l'activité élaborée dès les années 1920 par les psychologues russes soviétiques du développement de l'enfant (Vygotsky, 1934, 1977 ; Leontiev, 1972, 1974) sont héritières de la tradition marxiste d'analyse du travail. Leur description de la dimension sociale de l'activité et de la connaissance est bien connue. Leur contribution au renouvellement de la conception des interactions entre humains et machines a été largement exposée par ailleurs (Bodker, 1991 ; Engeström, 1987 ; Kaptelinin, 1992, 1996 ; Kuuti, 1996 ; Nardi, 1996 ; Rabadel, 1995 ; Wertsch, 1981, 1991).

Cependant, ces théories ne sont pas les seules. D'autres théorisations sur le rôle de l'action et de l'interaction dans le développement psychologique de l'enfant (Piaget, Wallon, Bruner) ont aussi beaucoup à apporter ainsi que divers concepts et modèles issus de la psychologie cognitive (Miller), de l'ethnopsychologie (Mead, Schütz), de la linguistique pragmatique (Austin, Searle) et de la sémiotique narrative (Propp, Ricoeur, Greimas). Pour cette raison, nous utiliserons le terme de "théories de l'action" pour référer à l'ensemble des théories disponibles, réservant le terme d'"activité" à son sens pratique courant d'ensemble organisé d'actions exercées dans un domaine en vue d'un but précis.

Pour nous, les théories qui fournissent le cadre théorique le plus compréhensif de la connaissance et de l'apprentissage humains sont les théories développementales de la psychologie de l'intelligence évoquées plus haut : qu'elles soient d'orientation structuraliste-constructiviste (Piaget et l'École de Genève) ou socio-culturelle et interactionniste (Vygotsky, Leontiev, Wallon, Bruner). Ces théories s'accordent pour faire de l'action et de l'interaction entre sujets et sujets et environnement les deux moteurs essentiels des processus psychiques. Elles seules permettent de prendre en compte et d'articuler les deux grandes dimensions de l'activité cognitive : la dimension biologique individuelle de genèse naturelle des processus mentaux élémentaires et la dimension socioculturelle de reprise et transformation codifiée de ces processus aux plans symbolique et conceptuel.

3.1. Deux axes de l'activité humaine

Revenons à l'activité en tant que relation physique et symbolique entre des sujets et des objets socialement déterminés. Les actions des sujets sont conscientes et intentionnelles. Elles visent essentiellement la transformation intéressée d'états et d'objets du monde .

Selon Leontiev (1972), l'activité est d'abord une structure hiérarchique à trois niveaux interactifs de relations entre des sujets et des objets :

- *niveau supérieur de l'activité intentionnelle*, orienté vers les motifs ; chaque motif est lié à un besoin d'objet (matériel ou idéal) à satisfaire pour le sujet ; il y a ainsi lien direct entre besoins, intentions et valeurs ;
- *niveau intermédiaire de l'action* (planification et stratégies), orienté vers les buts et subordonné au précédent ; on y distingue les "buts ultimes" qui orientent le cours d'action sur la durée et les "sous-buts auxiliaires" qui guident l'action immédiate ;
- *niveau élémentaire des opérations*, orienté vers les conditions pratiques de réalisation des actions ; constitué par les savoirs et procédures élémentaires souvent automatisés en routines, nécessaires à la réalisation pratique de l'action.

Le schéma est sommaire, mais riche par ses effets de système. Chaque niveau sert de contexte au niveau inférieur et de condition au niveau supérieur et dépend pour son bon fonctionnement de l'équilibre de l'ensemble. Cette interdépendance entraîne que toute fluctuation à un niveau a des répercussions sur les deux autres et facilite ou perturbe le cours normal de l'activité. Par exemple, un défaut de motivation ou d'intention initiale affecte directement la qualité d'élaboration des buts et des stratégies d'action. De même, une carence au niveau intermédiaire des stratégies ou au niveau inférieur des opérations entraîne des échecs répétés, mais elle affecte aussi directement le niveau supérieur des intentions (démotivation). A l'inverse, une réussite répétée au niveau des routines de base peut renforcer les motifs et l'intention et inciter l'individu à améliorer ses stratégies d'action.

Le psychologue américain J.S. Bruner (1973, 1982, 1990) s'est plutôt intéressé à l'aspect séquentiel du pilotage de l'action. Il a étudié les interactions spontanées de jeu et de tutelle des jeunes enfants avec leur mère. Pour l'auteur, l'apprentissage par l'enfant du contrôle du déroulement correct de son action est un enjeu essentiel. Ce déroulement est décrit comme une succession de phases, orientées par des buts fortement déterminés par la qualité socio-affective des transactions entre adulte et enfant. En termes cybernétiques, l'action fonctionne comme un cycle récursif, auto-piloté par ses propres buts et autorégulé par la comparaison entre effets attendus et effets obtenus. Toutefois, à la différence des automatismes biologiques et informatiques qui sont gouvernés par des contraintes objectives fixées de l'extérieur, l'intention du sujet (son anticipation du but et des moyens d'y parvenir) devient déterminante pour l'orientation et le contrôle de son action. L'enfant offre un bon cas d'observation car, chez lui, la fixation de l'attention et de l'intention est particulièrement fragile. Très sensible au contexte, elle dépend directement de la qualité de ses relations affectives et cognitives avec les sujets proches. Comme Vygotsky et Piaget, Bruner constate qu'un tutorat adulte attentif et prolongé est indispensable à l'enfant pour accéder au contrôle raisonné de ses actes et à une expression symbolique adaptée. Tous les enseignants et les formateurs savent qu'il en est de même pour la plupart des adultes qui débutent dans un nouveau domaine.

Dans les années soixante, Miller, Galanter et Pribram (1960) proposaient déjà dans leur modèle T.O.T.E devenu un classique en psychologie cognitive, une représentation cyclique des mécanismes élémentaires de l'auto-régulation de l'action. Leur conception, inspirée de la mécanique cybernétique était sommaire. Mais, en opposition aux tendances comportementalistes de l'époque, elle avait le mérite d'attribuer un rôle déterminant à la phase cognitive et à la mémorisation des résultats dans cette auto-régulation.

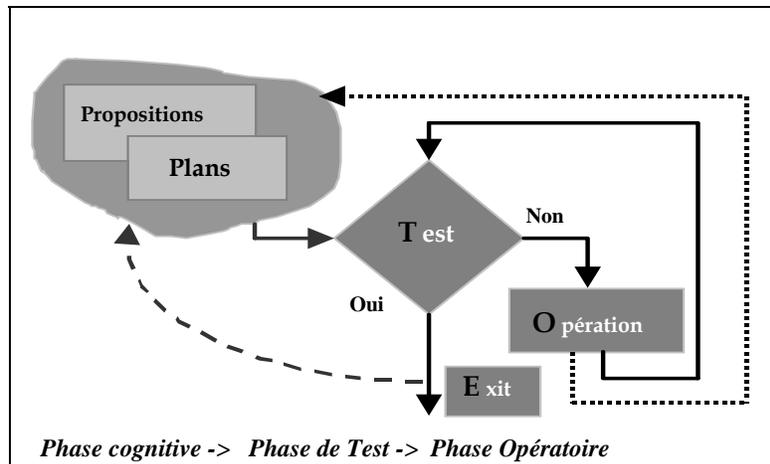


Figure 0. Modèle d'action T.O.T.E. (Test, Operate, Test, Exit) de Miller, Galanter & Pribram, 1960

Si l'on croise la conception hiérarchique de l'activité chez Leontiev avec la conception cyclique de l'action chez Bruner en y intégrant le test comparateur de Miller, on obtient un modèle dynamique auto-régulé de l'activité humaine, structuré par deux axes interdépendants :

- l'axe vertical hiérarchique des niveaux de processus en oeuvre selon le type d'objet impliqué par l'action (motifs, buts, conditions pratiques) ;
- l'axe horizontal de l'enchaînement séquentiel des phases de réalisation de l'action en fonction du but, de début à fin (orientation, réalisation après qualification préalable, test-évaluation).

Le principe de *feedback* assure partout un retour circulaire des effets sur les causes. Il alimente les tests de comparaison qui mesurent, à chaque pas de l'action, les écarts entre effets attendus et effets obtenus. Grâce à ces tests, le sujet peut piloter son activité par corrections successives jusqu'au constat final de satisfaction ou d'échec.

Dans ce cadre, l'activité humaine normale se redéfinit comme une succession orientée, intentionnelle adaptative, de cycles de transformation d'objets, pilotée par des sujets à plusieurs dimensions (biologiques, psychologiques et sociales). Chaque cycle fonctionne sur trois niveaux interactifs (intentions, actions, opérations) articulés à trois phases successives (orientation initiale, réalisation après qualification, évaluation-sanction). Les sujets orientent, pilotent et corrigent leurs cycles d'action par *feedback*, en fonction de règles partagées d'action, de signification et d'interprétation, fondées à la fois sur des motifs individuels et sur des raisons fonctionnelles.

Cette définition offre une description plausible et cohérente des mécanismes et des processus élémentaires de l'action ordinaire. Toutefois, l'expérience montre que cette action se conforme rarement aux seules règles de la rationalité fonctionnelle. C'est aussi une expression individuelle significative soumise aux aléas de la situation et aux particularités du sujet qui agit. Pour ce dernier, le sens de son action ne réside pas seulement dans les objectifs et les "comment" mais aussi dans les « pourquoi » et les "raisons", de préférence bonnes pour lui, de son déploiement.

3.2. Le schéma narratif, organisateur de l'action intentionnelle

Pour les théoriciens structuralistes du récit (Propp, Greimas, Ricoeur), la narration telle qu'on la trouve dans les légendes et les contes traditionnels est une forme sémiotique fondamentale d'organisation de l'expérience. Cette forme peut se ramener à des structures et des fonctions élémentaires liées aux mécanismes de motivation de l'action humaine. Le schéma qui sous-tend cette action est très simple : c'est celui de la poursuite ou de la "quête" existentielle d'objets par les sujets. Le terme de "quête" indique que la relation entre sujets et objets est orientée par un vecteur dynamique d'intention et de motivation qui fait de la recherche des sujets le moteur de leur action.

Les structures narratives dérivées de cette conception de l'action sont universelles. Elles gouvernent la succession des grands épisodes des récits selon une logique existentielle de type dramatique, qui unit étroitement actions et personnages, mobiles et signification. Selon cette logique, les personnages ne sont actifs et leurs actes ne sont

efficaces et compréhensibles que parce qu'ils sont motivés : autrement dit psychologiquement animés et orientés par une quête commune d'objets ou d'états désirables qui donne à la fois sens et orientation à leur conduite. C'est le désordre ou le déséquilibre provoqué par la détérioration ou le manque des objets désirés qui déclenche et oriente chez chacun la motivation à agir ou non, et non pas la nécessité abstraite de transformation (Nuttin, 1985).

Le modèle actantiel de Greimas (1966,1970) est entièrement construit sur ce déséquilibre initial et sur l'action de restauration qui s'ensuit. Dans le scénario narratif standard, la poursuite des objets par les sujets (actants) se déroule en trois grandes phases : décision ou injonction initiale de restaurer l'ordre ou l'équilibre perdu ; engagement effectif du sujet dans l'action et réalisation de la performance demandée après qualification au travers d'épreuves variées ; sanction finale des résultats de l'action et reconnaissance par l'autorité morale et /ou sociale. L'intention des sujets n'est pas fixe ni donnée d'avance. Elle dépend de leur attitude envers l'objet recherché et se définit par quatre verbes modaux : vouloir, devoir, savoir et pouvoir. Les modalités d'attitude déterminent ainsi l'intention qui oriente l'action dont les résultats modifient en retour les intentions. L'"être" du sujet pilote son "faire" et le résultat de son "faire" modifie son "être". Le sujet actantiel ne sort pas indemne de son activité. Il se retrouve dans un état final plus ou moins imprévisible, toujours différent de l'état initial.

Qu'apporte le modèle actantiel à la définition de l'apprentissage ? Il lui apporte la dynamique intentionnelle ou le moteur qui lui manquait. Appliqué à l'acte d'apprendre, le schéma de base s'avère étonnamment productif. Il rend compte correctement des enjeux, des conditions et du parcours normal de l'apprenant idéal. Il fournit une analyse théorique élémentaire mais robuste qui complète utilement les descriptions hiérarchique et séquentielle de l'activité. Il permet de faire converger sur une base intentionnelle commune les dimensions trop souvent séparées de l'action pratique et de la représentation symbolique, du raisonnement et de l'affect. La forme narrative permet d'inscrire la logique de la signification dans la dynamique de l'action, elle-même structurée par les mobiles (besoins et désirs) d'un sujet qui se définit par ses relations avec les objets et les autres sujets (Linard, 1994, 1995, 1996).

Il reste à voir en quoi les modèles évoqués ci-dessus peuvent éclairer et guider la conception et l'utilisation de systèmes à visée éducative.

4. HELICES : UN MODELE GENERIQUE DE L'ACTIVITE

Nous proposons d'abord d'exposer sommairement les principes d'un modèle de l'activité humaine qui tente d'établir une synthèse à partir des apports théoriques évoqués ci-dessus (Linard, 1996, 1998b). Ce modèle, nommé **HELICES**, est construit sur le principe de dépendance réciproque entre sujets et objets. Il se veut descriptif et non pas prescriptif. Comme une carte cognitive ou un guide de voyage, il propose une description du territoire mais ne préjuge en rien de l'itinéraire des voyageurs. Il vise à offrir un cadre organisateur commun à la compréhension de l'activité en général, à la formalisation de l'apprentissage et à la conception des systèmes à buts de formation.

Dans ce cadre, l'activité ordinaire se définit comme un parcours intentionnel motivé de la part de sujets animés par la poursuite d'objets et obéissant à une logique de type narratif. Cette logique s'organise sur deux axes, ou hélices, articulés entre eux.

4.1. *Axe vertical hiérarchique, des différents niveaux de l'activité*

Le modèle emprunte à Leontiev (1972) sa description de l'activité humaine en tant que structure emboîtée de trois niveaux interdépendants de relations entre sujets et objets :

- niveau supérieur des *intentions*, orienté vers les objets de besoin et les motifs des sujets ;
- niveau intermédiaire des *stratégies et des plans* d'action, orienté vers les objets-buts et sous-buts ;
- 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 des dispositions personnelles, des intentions et des attitudes des individus, elles-mêmes déterminées par la situation sociale et la configuration de la tâche à accomplir.

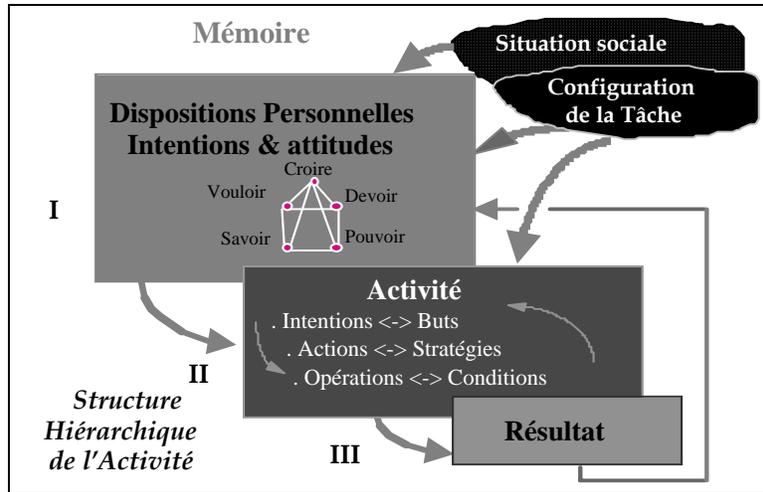


Figure 1. Hélice verticale

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

Cet axe, orienté par les buts de niveau 2, se compose des quatre phases du modèle actantiel : *Orientation* initiale de l'attention et de l'intention, *Qualification* dans les domaines pré-requis, *Réalisation* effective, *Evaluation* en cours et finale.

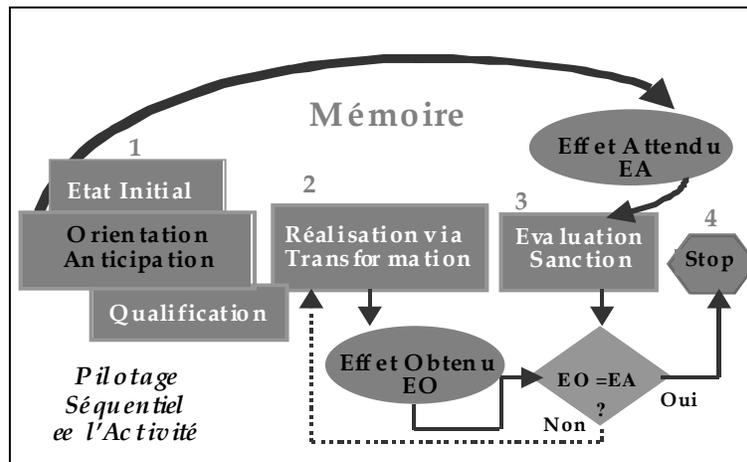


Figure 2. Hélice horizontale

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

4.3. 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 d'évaluation qui jouent le rôle de boussole dans l'autocontrôle de l'action (par comparaison entre effets attendus et obtenus) ;
- les critères multiples 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).

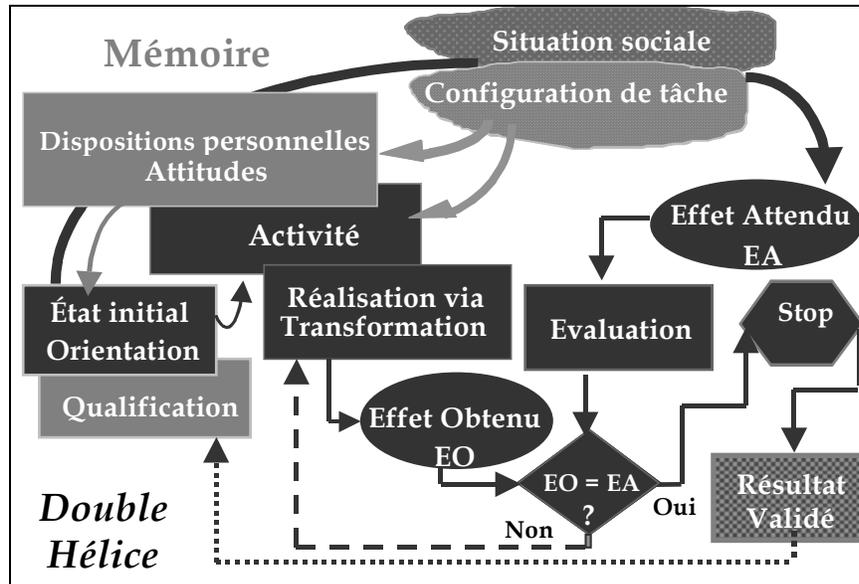


Figure 3. Double hélice par croisement des deux axes

Le croisement des axes forme un système dynamique 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 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. On voit aussi à quel point le processus est complexe, soumis à l'aléa des variations individuelles et des circonstances.

5. L'ACTIVITE : UN PARCOURS CYCLIQUE

La lecture de gauche à droite des deux axes combinés produit un *cycle* ou *parcours type* en sept phases qui rend compte des grandes lignes de l'évolution de la dynamique du processus de début à fin. Le cycle peut se réaliser de façons très diverses selon les particularités des acteurs, des tâches et des situations. Toutefois pour les débutants, il indique les aspects essentiels à satisfaire d'une façon ou d'une autre, sous peine d'incohérence et d'échec. Chez les experts, le cycle ne disparaît pas, mais il est compacté et remanié en paquets de décisions rapides issues de l'expérience.

Cycle canonique ou parcours de l'action

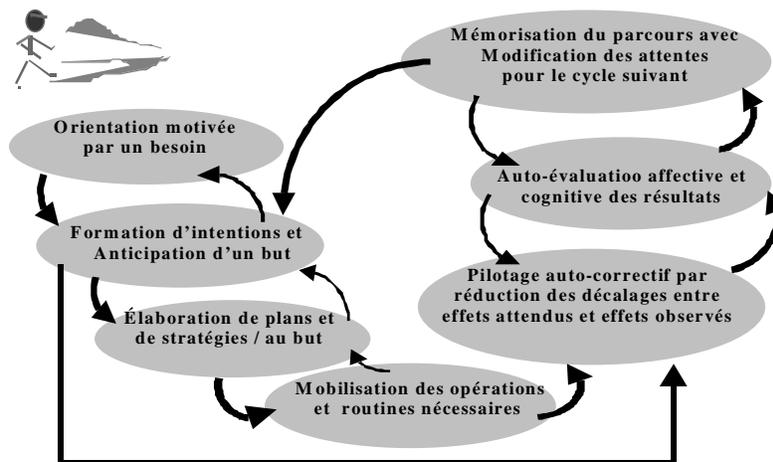


Figure 4. Parcours type d'une activité

Dans cette perspective, la structure de l'activité se précise : c'est un cycle évolutif auto-piloté de début à fin par des sujets qui interagissent avec des objets et qui se transforment à partir de leurs propres résultats.

Il reste à voir en quoi le modèle ci-dessus est capable de produire des réponses utiles aux questions que pose la médiation humaine et technique de l'apprentissage.

5.1. Apprendre : une activité générique

Considérons d'abord l'apprentissage comme une activité et appliquons-lui le modèle **HELICES** (schéma 3).

Dans ce cadre, apprendre devient une quête socialement imposée d'objets de connaissance (symboliques et culturels), de la part de sujets intentionnels et motivés (plus ou moins) qui se transforment aux plans cognitif et affectif (avec ou sans problèmes) en fonction des résultats qu'ils obtiennent.

5.1.1. Application du modèle

Si l'on applique le cycle standard (schéma 4) au déroulement de l'acte d'apprendre, on peut préciser l'analyse des fonctions cognitives que l'apprenant est supposé mobiliser à chaque pas.

1. *Orientation sélective de l'attention* par la perception d'un état de besoin ou de nécessité lié à un manque d'objet (de connaissance) potentiellement source de satisfaction (ou d'évitement de désagrément) ;
2. *Représentation du but final et mobilisation de l'intention par anticipation* d'une image de l'état de connaissance à atteindre ;
3. *Elaboration de stratégies et de plans d'action* plus ou moins rationnels (anticipés, raisonnés, adaptés) par rapport au but et sous-buts qui conditionnent l'acquisition de l'objet de connaissance ;
4. *Mobilisation des conditions opératoires et des routines* nécessaires à la réalisation des actions prévues en phase 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, ou bien : connaissance acquise = conforme à connaissance anticipée en 2 ; ou bien constat d'échec) ;
6. *Bilan et évaluation des résultats* (positifs et négatifs), de leur valeur *socio-affective* (plaisir de la réussite, déplaisir de l'échec) et *cognitive* (qualité, efficacité, rapport coûts/bénéfices) sur l'ensemble du cycle ; modification corrélative des modaux d'attitude du sujet par rapport à l'acquisition de connaissances ;

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

5.1.2. *Un parcours d'obstacles*

Avec ce schéma, le déroulement de l'apprentissage ressemble davantage à un parcours d'obstacles qu'à une promenade. L'attitude initiale de l'apprenant devant l'injonction à apprendre devient déterminante car c'est à ce moment qu'il décide de mobiliser les mécanismes d'attention, d'intention et d'effort mental, difficiles et coûteux à maintenir. Pas de motivation : pas d'intention; pas d'intention : pas de but et donc pas d'activité cognitive. En fait, chaque pas peut faire problème et provoquer un blocage spécifique. Avec ce schéma, il est facile de repérer et d'interpréter d'emblée les grandes classes de difficultés typiquement rencontrées sur le terrain scolaire. Elles sont autant de ratés possibles à chaque niveau et phase de l'activité.

- *Difficultés psychologiques* liées à la motivation et à l'établissement initial de l'intention : absence d'intérêt ou de projet, de volonté ou de désir d'apprendre; rejet global du système scolaire et/ou social. Ces difficultés affectent les conditions préalables de l'action, en particulier la phase initiale d'orientation et la phase de qualification qui permet d'acquérir les compétences cognitives nécessaires à la réalisation.
- *Difficultés cognitives* liées au pilotage rationnel de l'action par rapport aux buts : rigidité des routines et stratégies acquises résistant à l'adaptation, incohérence du pilotage de l'action, imprévoyance et inconséquence, impulsivité, activisme brouillon. Ces difficultés affectent plutôt les phases de réalisation effective et d'évaluation des résultats.
- *Difficultés pragmatiques* liées à la mise en oeuvre opérationnelle : manque des compétences élémentaires de base ou des conditions prérequis pour la réalisation des stratégies. Ces difficultés affectent non seulement l'efficacité pratique de l'action au niveau intermédiaire mais aussi, au niveau supérieur, la motivation et l'intention initiales ainsi que la fixation des buts (découragement face à l'échec).

La cascade de conditions à remplir requiert tant de dispositions favorables à la fois que l'on comprend pourquoi les apprenants ont si souvent besoin d'un soutien extérieur pour réussir.

5.2. *Apprendre, une activité cognitive spécifique*

Toutefois, apprendre dans un contexte scolaire n'est pas seulement une activité en général. C'est aussi une activité cognitive spécifique déterminée par des objectifs, des contenus et des tâches déterminées par la spécialisation des disciplines et les règles de la culture académique. Apprendre implique de la part de l'apprenant une tolérance minimale à l'effort intellectuel, une volonté (au moins un non-refus) d'auto-transformation mentale et la confrontation persévérante à de nombreuses contraintes cognitives, bien repérées en psychologie.

La transition de la pensée pratique à la pensée théorique formalisée en concepts demeure un problème essentiel de l'apprentissage scolaire.

J. Piaget n'a cessé de le démontrer : "réussir" une action n'est pas forcément la "comprendre" ni savoir "expliquer" comment on y est parvenu (Piaget, 1974). Les structures mentales (schèmes) issus de l'action empirique spontanée doivent être constamment remaniées et épurées pour devenir des bases utiles à la pensée savante, souvent contre-intuitive. A l'école, apprendre implique non seulement la réussite de l'action spontanée mais son dépassement réflexif vers un autre ordre, plus structuré, général et abstrait, de connaissance.

En quoi le schéma ci-dessus peut-il guider les décisions du concepteur de systèmes à visée éducative. En quoi peut-il aider à concevoir des interfaces qui aident effectivement les apprenants à structurer et à piloter leur activité ?

6. VERS DES DISPOSITIFS COMPAGNONS DE L'ACTIVITE D'APPRENDRE

Dans la perspective évoquée plus haut, concevoir une interface revient à ouvrir aux utilisateurs un espace virtuel de navigation cognitive dans un univers de représentations d'objets, de fonctions et d'actions mises au service de leurs intentions. Dans les applications professionnelles, les concepteurs peuvent compter sur une autonomie minimale des utilisateurs, gens avertis qui savent en gros ce qu'ils veulent et où ils vont. En éducation, ce n'est pas le cas. On s'adresse par définition à des débutants chez qui c'est justement l'intention initiale et les compétences de base qui font souvent défaut : plus encore quand il s'agit d'accéder aux concepts de domaines non familiers. Le cas des semi-débutants qui ont déjà des acquis dans le domaine (notions, stratégies, routines) est encore plus difficile : ils doivent accepter de détruire en partie leurs acquis pour les reconstruire selon des règles et contraintes familières et pourtant différentes. Le rôle de soutien à la motivation et à la (re)structuration mentale, dévolu à l'enseignant et au concepteur d'applications, devient central.

6.1. Un design fondé sur l'activité de l'apprenant

Le modèle **HELICES** permet de définir de façon cohérente quelques propriétés essentielles d'une interface explicitement centrée sur l'activité de l'apprenant. Il ne prétend pas donner des prescriptions précises en termes d'ergonomie mais il rejoint sous une autre forme de nombreux travaux en ce domaine : en particulier ceux qui cherchent à intégrer la dimension d'interactivité dans la conception et l'évaluation même des logiciels (Bruillard et Vivet, 1994 ; Hu, Trigano *et al.*, 1998 ; Scapin et Bastien, 1997 ; Pochon et Grossen., 1997a ; Vandendonck, 1994).

6.1.1. L'interface : un espace à mettre en scène et un dispositif à organiser

L'objectif prioritaire d'un design de type constructiviste interactionniste est d'instrumenter au mieux l'activité autonome de l'apprenant par une offre constamment appropriée d'interaction avec la machine. Toutefois, vu la complexité irréductible de l'acte d'apprendre, il vaut mieux accepter dès le départ des limites de principe à ce projet.

Il convient d'abord de renoncer aux ambitions de supervision automatique omnisciente, omnipotente et autosuffisante. L'apprenant reste encore le meilleur connaisseur de la conduite de son propre apprentissage. Sauf dans certains cas de pathologie, il ne demande qu'à mobiliser ses capacités naturelles quand les buts sont clairs, les motifs convaincants, le niveau d'entrée adéquat et les moyens agréables et aisément accessibles. Mais l'apprenant n'en est pas moins un acteur cognitif faillible, aux moyens limités. En conséquence, on accepte le principe que le logiciel n'est qu'un instrument parmi d'autres, qu'il ne constitue qu'une partie de l'environnement éducatif, que ses effets sont nécessairement restreints et qu'il doit dans la plupart des cas, être complété ou accompagné par une interaction humaine.

On s'oriente alors vers des conceptions de systèmes de type "compagnon" ou "assistant", proches de celles des jeux vidéo. Dans ce domaine, il y a longtemps que l'on se contente de mettre à disposition de l'utilisateur des dispositifs d'action qui lui permettent d'intervenir dans le récit et de réparer ses erreurs avec un maximum d'initiative : quitte à ce qu'il aille chercher de l'aide ailleurs. A cette fin, chaque écran est traité comme un dispositif fonctionnel à organiser en fonction des moyens nécessaires à l'apprenant pour atteindre ses buts. Il est conçu comme un micro-agencement temporel et spatial d'objets, procédures et relations symboliques, d'indices et de manipulations possibles, déterminé par le macro-dispositif du scénario.

HELICES permet de préciser la stratégie. En tant que dispositif narratif, chaque écran devient un espace de représentation symbolique à mettre en signes et en scène en fonction des objectifs et des besoins de l'apprenant à ce moment précis de son parcours. L'arborescence des écrans est conçue comme un découpage de scénario rédigé du point de vue de l'apprenant. Elle décrit qui fait quoi, pourquoi, quand et comment, au triple plan simultané de *l'espace-tâche* (contenus et savoir-faire à apprendre), de *l'espace-problème* (relations entre apprenant et tâche) et de *l'espace-navigation* (relations entre apprenant et logiciel). Tricot et Rufino (1999) proposent une analyse très éclairante des problèmes de *design* liés à l'interactivité des hypermedias éducatifs, des nombreux choix de modalités et de scénarios pédagogiques possibles à chaque pas et de leur incidence sur la nature et la qualité de l'interaction proposée aux apprenants.

6.1.2. L'interface, dispositif d'action et de représentation

Nous proposons ci-dessous quelques pistes d'orientation pour une typologie fonctionnelle des écrans conçus comme des dispositifs au service des diverses phases du cycle d'apprentissage.

1. Orientation initiale de l'attention et ancrage de la motivation

Les écrans d' "entrée" doivent apporter des réponses simples à des questions narratives globales du type : Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ? Ils visent à retenir l'attention et à mobiliser l'intérêt en dramatisant la tâche et en la rendant familière. Ils sont de préférence de facture claire et agréable, si possible de type figuratif-narratif avec objets, personnages et décors. Ils présentent sur un mode pratique les points essentiels du domaine et les principales fonctionnalités de navigation dans l'interface

2. Initiation au parcours (combinant introduction à la tâche et prise en main des outils de navigation)

Les écrans de type "visite guidée", fortement structurée, sont conçus de façon à inciter l'apprenant à une exploration sommaire des liens séquentiels et hiérarchiques entre objets et actions essentiels du domaine. La visite est assistée pas à pas et sert de prétexte à la démonstration et à l'utilisation immédiate des outils de navigation disponibles à propos de la tâche.

3. Réalisation effective de la tâche

Nous appelons écrans d'"application et de consolidation en mémoire" les écrans, proches des précédents, qui s'enrichissent d'exercices d'application et de variantes simples. Leur but est d'inciter l'apprenant à recourir de façon répétée aux objets et aux relations du domaine et aux outils de navigation découverts auparavant.

4. Conceptualisation

Les écrans de "travail" conceptuel sont plus abstraits et analytiques : ils accompagnent le passage à l'abstraction et à la généralisation à partir de rappels d'éléments des écrans précédents. Les exercices proposés incitent à aller au-delà du niveau 3 et à rechercher les règles et les concepts sous-jacents et les explications complémentaires dans des sources constamment disponibles à l'écran ou aisément accessibles (tableaux de bord, hypertextes, glossaires, banques de données, autres cas, etc.). Une aide de l'enseignant en ligne ou en présentiel est souvent requise à ce stade pour inciter à dépasser l'action immédiate et à passer à la généralisation.

5. Auto-test local

Les écrans ou fonctions d'"évaluation" offrent pour chaque point important abordé un moyen de *feedback* immédiat, simple et synthétique, sur la qualité de la performance individuelle à ce stade du parcours. Ils proposent aussi des variantes pour renforcer et élargir l'acquisition.

6. Evaluation globale et réflexion métacognitive

Le retour réflexif de l'apprenant sur son propre parcours échappe par définition à la conception de systèmes. La médiatisation technique de l'apprentissage doit être reprise par une médiation humaine qui l'explique et la structure.

7. Une pédagogie interactive d'atelier de « co-construction de la connaissance »

Pour les apprenants débutants et semi-débutants dans un domaine, la phase de déconstruction des acquis antérieurs inadaptes et de transition vers la connaissance adaptative est toujours difficile. Elle implique une "prise de conscience" (Piaget) et une "décentration" cognitive de soi par rapport à ses propres processus qui ne peut se faire que dans un groupe social : avec l'enseignant ou l'expert et avec les pairs, de préférence en présentiel. Sauf chez les experts (et encore), cette prise de distance ne se produit pas naturellement. Elle n'émerge qu'à partir d'une mise en commun et d'une comparaison collective des résultats et des stratégies, d'une confrontation des points de vue, d'une conceptualisation et une réflexion critique guidées par l'enseignant. Seule cette médiation socio-cognitive permet de créer les conditions interactives de la véritable pédagogie d'atelier, de déconstruction-reconstruction qu'exige une définition interactionniste de l'apprentissage.

La recherche montre que la transition de l'"abstraction pratique" à l'"abstraction formelle" reste le point faible de tout apprentissage, qu'il soit ou non médiatisé.

Hoyles and Healy (1997) pointent le besoin chez les apprenants d'un "double étayage" pour établir un rapport dialectique entre notions de sens commun et concepts scientifiques. Cet étayage consiste à mettre à leur disposition de façon constamment accessible des ressources locales adaptées à leur niveau de compréhension et à faciliter l'émergence de structures globales à partir des connexions locales établies au cours de leur activité. Mais même dans ce cas, l'intervention de l'enseignant reste nécessaire. Les apprenants tendent à rester bloqués dans un stade hybride d'"abstraction située", à mi-chemin entre constat empirique et conceptualisation, et doivent être guidés pour le dépasser. Les auteurs montrent que ce blocage fréquent est lié à une difficulté à prendre de la distance et à se décentrer par rapport à l'aspect immédiat des phénomènes. Le paradoxe est que cette difficulté est accentuée par la prégnance même des représentations d'objets et des fonctions proposées à l'écran, qui peut enfermer plutôt que libérer le raisonnement dans les évidences perceptives.

On propose ci-dessous quelques principes pratiques allant dans le sens d'un accompagnement logiciel et graphique maximal, ou au moins d'une obstruction minimale, au cours normal de l'activité d'apprendre. Même si l'on accepte par ailleurs le principe qu'ils ne suffiront pas à eux seuls à garantir le passage au concept.

7.1. Faire converger les diverses fonctions mentales

Motiver et solliciter au maximum la curiosité et les ressources de l'apprenant l'incite à faire jouer ensemble ses quatre fonctions mentales de perception, action, représentation mentale et plaisir. La forme narrative du scénario est un moyen puissant à cet effet, mais aussi tous les outils d'interactivité des TIC qui permettent de participer en tant que partenaire actif de la narration. Il faut utiliser à plein le potentiel structurant des commandes par manipulation directe, du *feedback* immédiat des effets de chaque acte, des modes multiples de représentation pour le même phénomène, des langages graphiques avec animations interactives qui mettent en valeur les relations entre éléments. Toutes ces fonctionnalités techniques peuvent être des adjuvants puissants à la construction progressive des grandes catégories d'espace-temps, de classement, de causalité. La répétition et la mise en valeur systématique des invariants et des variations des objets et des événements sous différentes situations est un incitatif efficace pour faire accéder à la généralisation et à la formalisation des grandes relations entre causes, effets et conditions.

7.2. Concevoir ensemble le design de la tâche, de la navigation et de l'apprentissage

Il faut éviter de soumettre l'utilisateur à des distorsions gênantes entre les trois domaines qu'il doit manipuler. Pour cela, dans chaque écran, les trois domaines sont traités comme les trois dimensions d'un espace cognitif unique à structurer par une mise en scène et un dispositif d'action adaptés à sa fonction précise dans le cycle. On trouvera ci-dessous quelques solutions pratiques qui visent à différencier dans le détail l'architecture, la mise en page et le graphisme des écrans.

7.2.1. Divers modes de représentation graphique

En référence aux trois niveaux d'abstraction selon J. Piaget (abstraction empirique/ réfléchissante/ réfléchie), le graphisme des écrans cherche à accompagner l'évolution de l'approche pratique concrète à l'approche formelle des contenus.

- Le mode *figuratif-narratif* offre sous une forme empirique iconique plaisante une introduction sommaire du thème et des protagonistes avec motifs et buts (pourquoi), personnages (qui), situation et décor (où, quand), modalités (comment) ;
- Le mode *schématique* cherche à introduire visuellement les structures de catégories, relations, et fonctions élémentaires sous-jacentes aux classes de sujets, objets et circonstances présentés auparavant ;
- Le mode *conceptuel* donne accès aux architectures formelles de relations et aux fonctions abstraites sous-jacentes aux niveaux précédents.

7.2.2. Diverses phases d'exploration du territoire

Le design de l'interface peut évoluer dans le temps et se différencier selon la progression dans le parcours. Plusieurs travaux en psychologie cognitive ont permis de repérer trois grandes phases-type dans l'exploration spontanée de territoires inconnus. En IHM, Dillon & McKnight (1990) ont appliqué ces phases au design des écrans. Nous en proposons la reprise dans HELICES.

- Phase de *repérage (landmarking)* : les écrans doivent aider la découverte rapide des points et des objets saillants essentiels du territoire. On privilégiera donc les mises en scène descriptives simples, plaisantes et fortement structurées des constituants principaux du scénario (de type figuratif-narratif par exemple).
- Phase de *trajets (routes)* : les écran visent à mettre en valeur les relations linéaires pas à pas entre les points et objets repérés et les parcours possibles de l'un à l'autre. Dans notre modèle, le graphisme s'émancipe peu à peu de l'analogie des images et évolue vers une schématisation qui se superpose sur, plutôt qu'il n'élimine, les représentations antérieures. Il fait ressortir de façon semi-abstraite, les relations, successions et progressions de propriétés entre objets, événements et phénomènes repérés (écrans de type schématique).
- Phase de *vue d'ensemble (survey)* : les écrans visent à aider à faire le point à tout instant en cours de navigation. Ils donnent une vision synthétique en survol des configurations d'ensemble, des grands repères et trajets vus plus haut. Dans notre modèle, les écrans ressemblent à des relevés topologiques de territoire, de type cartésien. Ils se présentent sous forme de carte cognitive, guides et tableaux récapitulatifs constamment disponibles synthétisant l'état actuel des trois espaces combinés de la tâche, du problème et de la navigation.

7.2.3. Diverses phases pédagogiques

Elles sont déduites des distinctions précédentes. Leur but est d'intégrer et de structurer l'exploration spontanée des apprenants par un tutorat pédagogique minimal qui, pour chaque phase, les situe et les ouvre à un raisonnement plus large. Cela implique de penser une conception spécifique pour chacune des trois phases :

- *L'Orientation initiale* : présentation sommaire des grands repères pratiques (Qui, Quoi, Où, Quand, Pourquoi) du domaine avec des moyens simples de navigation. Le mode graphique figuratif-narratif convient à cette phase.
- *L'Initiation aux parcours* linéaires et aux relations essentiels du domaine par navigation guidée dans le logiciel, avec prise en main simultanée d'éléments de la tâche et de manipulation logicielle ; un graphisme qui schématise quelques aspects essentiels des images rencontrées en initiation facilite cette phase.
- *La Conceptualisation* : application à plusieurs cas simples puis incitation à la généralisation par résolution non guidée de problèmes. La résolution nécessite une vision d'ensemble du problème et un recours aux formalisations et aux concepts sous-jacents. Un graphisme schématique conceptuel abstrait convient à ce stade.

7.2.4. Divers instruments de bord pour naviguer dans le logiciel

Ces objets graphiques sont dérivés d'outils familiers. Indispensables à la navigation à chaque instant, ils sont constamment présents à l'écran en tant que boîte à outils. Le but est d'offrir à l'utilisateur des moyens commodes d'accès rapide qui regroupent sur un faible espace les représentations et fonctionnalités usuelles. Nous distinguons :

- *les Cartes cognitives* qui donnent une vision à la fois séquentielle et cartésienne en survol de la totalité des points et trajets possibles du parcours pour un repérage rapide de navigation ;
- *les Télécommandes* (type télévision) qui regroupent les commandes fonctionnelles principales avec effets pratiques et théoriques immédiatement visibles à l'écran ;
- *les Tableaux de bord* synthétiques qui analysent, mesurent et aident à comparer l'évolution des objets et des phénomènes déclenchée par les actions.

A tous les niveaux, la disponibilité (affordance) des fonctions définie par leur lisibilité et leur accessibilité est une qualité essentielle (Norman, 1988). La mise en scène et le graphisme des écrans ont intérêt à rester sobres et explicites, portés par une structure stable qui évite toute surcharge cognitive par excès d'information, d'hypertexte

ou d'effets visuo-sonores. Il en est de même pour la composition et la localisation des zones de travail d'un écran à l'autre et pour l'affichage des icônes qui régissent les entrées-sorties, les actions et contrôles, les outils de travail, les aides et ressources : tous doivent pouvoir se mémoriser vite et à moindres frais pour faciliter et non pas gêner le processus de construction cognitive.

8. CONCLUSION : L'INTERACTION HUMAINE, MONITEUR DE L'INTERACTIVITE TECHNIQUE

L'objet de ce texte était de montrer que les théories de l'activité humaine offrent un cadre adapté et cohérent pour repenser le rôle et la conception des IHM dans le domaine de l'apprentissage. Elles montrent comment les TIC peuvent accompagner au plus près l'acte d'apprendre mais aussi pourquoi elles ne peuvent pas assurer à elles seules cet accompagnement.

La recherche de Hoyles & Healey (1997) précise les limites d'une médiatisation purement technique de l'apprentissage conceptuel. L'abstraction développée par les apprenants à partir d'un logiciel expressément conçu à cet effet (dans l'esprit du LOGO de Papert) tend à rester bloquée dans une "abstraction située" à mi-chemin entre action pratique immédiate et généralisation. Soumis à la prégnance des objets et des outils à l'écran, les apprenants persistent dans les raisonnements évidents, locaux et fragmentés induits par les formes présentées. Ils achèvent rarement l'opération de détachement total par rapport aux données empiriques qui fonde le concept formel. Sur ce plan, l'intervention d'un enseignant semble indispensable pour aider les élèves à dépasser leurs intuitions et à s'ouvrir à d'autres stratégies. Utiliser toutes les ressources disponibles, et pas seulement les plus commodes, effectuer des vérifications et des validations permanentes de ses actions et intégrer les résultats négatifs dans le raisonnement pour le modifier : toutes ces méta-stratégies cognitives sont contre-intuitives et se produisent pas spontanément. Elles peuvent être facilitées par une conception de système centrée sur les besoins de l'acte d'apprendre. Elles échapperont encore longtemps à son contrôle.

Les TIC rencontreront toujours en éducation des limites qui ne sont que le revers de leur puissance technique de représentation et d'interactivité. Par nature, leur interactivité est une stimulation qui incite plutôt à faire qu'à réfléchir et leur mode de représentation est un artefact qui incite plus à répéter qu'à inventer. Apprendre à l'école au contraire, consiste moins à faire qu'à réfléchir sur le faire et moins à naviguer dans le virtuel qu'à se construire des chemins dans le réel. La tension est donc toujours à résoudre.

En éducation, l'interaction humaine et la confrontation des parcours avec l'enseignant et les pairs, semble encore le seul moyen d'assurer la transition de l'action au concept. Les pédagogies dites interactives (Stambak, 1999 ; Hardy, 1999) fournissent un cadre particulièrement approprié car elles se fondent sur l'interaction sociale qui fait défaut à la pure interactivité technique. Dans ces pédagogies, l'activité pratique individuelle et la réflexion collective sur les résultats alternent constamment : l'action de l'apprenant devient une condition de son accès au concept et ce dernier un but de son action pratique.

Les TIC ont maintenant tous les potentiels nécessaires pour instrumenter un genre de démarche qui a déjà fait ses preuves en IHM. Les systèmes de travail collaboratif sur réseau et la pédagogie collective de construction de micro-robots développée par M. Vivet et P. Leroux au Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans (LIUM) ont ouvert la voie depuis des années (Bruillard et Vivet, 1994 ; Vivet, 1996 ; Leroux, 1995, 1996).

Il serait dommage que les concepteurs et les utilisateurs de systèmes éducatifs ne saisissent pas cette occasion unique d'intégrer enfin les potentiels techniques, les propriétés de l'apprendre humain et les méthodes pédagogiques qui s'accordent au mieux les unes avec les autres.

Références bibliographiques

- Bannon L.J., 1991 : " From human factors to human actors : the role of psychology and human computer interaction studies in system design", in J.Greenbaum & M.Kyng (eds) : *Design at Work : cooperative design of Computer Systems..* Hillsdale, N.J., Lawrence Erlbaum.
- Bruillard F., Vivet M., 1994 : "Concevoir des EIAO pour des situations scolaires – Approche méthodologique", *Didactique et Intelligence Artificielle*, Balacheff et Vivet (coord.), Editions La Pensée Sauvage.
- Bruner J.S., 1973 : "L'organisation des premiers savoir-faire", trad. frse, 1983, in *Le développement de l'enfant, savoir dire, savoir faire*, Paris, PUF.

- Bruner J.S., 1990 : *Acts of Meaning*, trad. fcse, 1991, ... *Car la culture donne forme à l'esprit : de la révolution cognitive à la psychologie culturelle*, Paris, Eshel.
- Dillon A., McKnight C., Richardson J., 1990 : "Navigation in Hypertext : a critical review of the concept", in Diaper *et al.* (eds), *Human Computer Interaction, INTERACT'90*, IFIP, Elsevier, North Holland.
- Engeström Y., 1987 : *Learning by Expanding : an Activity Theoretical Approach to Developmental Research*, Helsinki, Orienta-Konsultit Oy.
- Greimas A.J. , 1966 : *Sémantique structurale*, Paris, Seuil.
- Greimas A.J., 1970 (t. 1), 1983 (t.2) : *Du sens : essais sémiotiques*, Paris, Seuil.
- Greimas A.J., Courtès J., *Sémiotique : dictionnaire raisonné de la théorie du langage*, Paris, Hachette.
- Hardy M., 1999 : "Pratiquer à l'école une pédagogie interactive", *Revue Française de Pédagogie*, n° 129, oct./nov./déc., 17-28, INRP, Paris.
- Hoyles C., Healy L., 1997 : "Un micro-monde pour la symétrie axiale : une base de co-construction de concepts mathématiques ?", *Sciences et Techniques Educatives*, vol. 4, n° 1, 67-97.
- Hu O., Trigano S., Crozat S., 1998 : "E.M.P.I. : une méthode pour l'évaluation du multimédia pédagogique interactif", *NTICF* 98, INSA Rouen, nov.
- Kaptelinin V. 1994 : "Activity Theory : implications for Human Computer Interaction", *Human Machine Communication for Educational System Design*, Springer Verlag, Berlin, NATO, ASI Series, vol. 129.
- Kuuti K., 1996 : "Activity Theory as a Potential Framework for Human-Computer Interaction Research", in Nardi B. (ed.), *Context and Consciousness : Activity Theory and Human Computer Interaction*.
- Jacquinet G., Meunier C., 1999 : "Introduction : L'interactivité au service de l'apprentissage", *Revue des Sciences de l'Education*, n° thématique, vol. XXV, n° 1, 3-15.
- Leontiev A.N., 1976 : *Le développement du psychisme*, trad. frse, Paris, Editions Sociales.
- Leontiev A.N., 1974 : "The problem of activity in Psychology", *Soviet Psychology*, vol. 13, n° 2, 4-33.
- Leroux P., 1995 : "Conception et réalisation d'un système coopératif d'apprentissage - Étude d'une double coopération maître/ordinateur et ordinateur/groupe d'apprenants", Thèse de Doctorat, Université Paris 6, spécialité Informatique.
- Leroux P., 1996 : "Intégration du contrôle d'objets réels dans un hypermédia", *Actes du 3^e Colloque Hypermédiat et Apprentissages*, Chatenay-Malabry, France, 9-11 mai, Éditions EPI – INRP, 237-244.
- Linard M., 1994, "Vers un sujet narratif de la connaissance dans les modélisations de l'apprentissage", *Intellectica*, 2, n° 19, ARC, Paris, 117-165.
- Linard M., 1995 : "New Debates on Learning Support", *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 11, n° 4, 239-253.
- Linard M., 1996 : *Des machines et des Hommes : apprendre avec les nouvelles technologies*, ré-édition avec Postface, Paris, L'Harmattan.
- Linard M., Zeiliger R., 1995 : "Designing an interface in an educational context : first steps to a principled approach", in K. Norby, P.Helmersen, D.Gilmer & S.Arnesen (eds), *Proceedings 5th Conference INTERACT 95*, IFIP, Lillehammer, Juin, Chapman & Hall, London, 401-404.
- Linard M., Belisle C., Zeiliger R., 1998 : "Reconciling information processing and activity theories: HELICES, a foundation model for creating cognitive artefacts", *ISCRAT 98*, International Society for Cultural Research and Activity Theory, 4th Congress Juin, Aahrus, DK.
- Nardi B., 1996 : "Activity Theory and Human Computer Interaction", in *Context and Consciousness : Activity Theory and Human Computer Interaction*, Cambridge Mass., MIT Press, 7-16.
- Norman D.A., 1988 : *The Psychology of Everyday Things*, Basic Books, Harper Collins.
- Norman D.A., 1991 : "Cognitive artefacts", in Carroll (ed.), *Designing Interaction : Psychology of the Human-Computer Interface*, Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- Norman D.A., Draper S. (eds), 1986 : *User centered system design : New Perspectives in Human-Computer Interaction*, Hillsdale N.J., Lawrence Erlbaum.
- Nuttin J., 1980 : *Théorie de la motivation humaine*, Paris, PUF.
- Perriault J., 1989, *La logique de l'usage*, Paris, Flammarion.
- Piaget J., 1946 : *La formation du symbole chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux & Niestlé.
- Piaget J., 1967 : *Biologie et connaissance : essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*, Gallimard, Paris.
- Piaget J., 1974 : *Réussir et comprendre*, Paris, PUF.
- Piaget J., 1974 : *La prise de conscience*, Paris, PUF.
- Pochon J.L., Grossen M., 1997 : "Interactions homme-machine en situation d'apprentissage : le point de vue de l'utilisateur", *Sciences et Techniques Educatives*, vol. 4, n°1, 7-12.
- Pochon J.L., Grossen M., 1997 : "Les Interactions Homme-machine dans un contexte éducatif : un espace interactif hétérogène", *Sciences et Techniques Educatives*, vol. 4, n°1, 41-65.
- Propp V., 1970 : *Morphologie du Conte*, trad. fcse, Seuil, Points.
- Rabardel P., 1995 : *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, A. Colin.
- Revue de Sciences de l'Education*, 1999 : "L'interactivité au service de l'apprentissage", n° thématique, vol XXV, n° 1, Jacquinet et Meunier (coord.), Montréal, Québec.

- Revue Française de Pédagogie*, 1999 : "L'école pour tous : conditions pédagogiques, institutionnelles et sociales", n° 129, oct./nov./déc., F. Platone (coord. .), Paris, INRP.
- Revue *Le Français dans Le Monde*, 1997 : "Multimedia, réseaux et formation", n° spécial, Juillet, P. Oudart (coord.), Paris, Hachette Edicef.
- Revue *Sciences et Techniques Educatives*, 1997 : "Interactions Homme-Machine et Apprentissage", vol. 4, n° 1.
- Ricoeur P., 1977 : *La sémantique de l'action*, Centre de Phénoménologie, Paris, Ed. du CNRS.
- Ricoeur P., 1984 : *Temps et récit : la configuration dans le récit de fiction*, Paris, Seuil.
- Ricoeur P., Greimas A.J., 1989 : "On Narrativity", in Perron (ed.), *Greimassian Semiotics*, New Literary History, n° 20.
- Scapin D., Bastien C., 1997 : "Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems", *Behaviour and Information Technology*, 16, 226-231.
- Schank R.C. & Abelson R.P., 1970 : *Scripts, Plans, Goals And Understanding : An Inquiry into Human Knowledge Structure*, Hillsdale, Lawrence Erlbaum Ass.
- Schank R.C., 1990 : *Tell Me A Story - A New Look At Real And Artificial Memory*, Maxwell Macmillan International, N. York.
- Stambak M., 1999 : "Donner à tous envie d'apprendre : cheminement et découvertes de l'équipe du C.R.E.S.A.S. ", *Revue Française de Pédagogie*, n° 129, oct./nov./déc., 7-16.
- Stockinger P., 1993 : "Multimedia and Knowledge Based Systems", *European Journal of Semiotic Studies*, Institute for Socio-Semiotic Studies, Vienna.
- 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.
- Vanderconck J., 1994 : "Guide ergonomique de la présentation des applications hautement interactives", Presses Universitaires, Namur.
- Vivet M., 1996 : "Evaluating Educational Technologies : Evaluation of Teaching Material versus Evaluation of Learning", CALISCE 96, San Sebastian, Juillet.
- Von Cranach, M., Harré R. (eds), 1982 : *The Analysis of Action: Recent Theoretical and Empirical Advances*, Cambridge U.P., Paris, Ed. M.S.H., 35-73.
- Vygotsky L.S., 1985 : *Pensée e t Langage*, trad. frse, Paris, Editions Sociales.
- Vygotsky L.S., 1978 : *Mind in Society : the development of higher psychological functions*, trad. angl., Cambridge, Harvard Univ. Press.
- Watzlawick P., Beavin J.H., Jackson D.D., 1972 : *Une logique de la communication*, Paris, Seuil.
- Wallon H., 1942 : *De l'acte à la pensée*, Paris, Flammarion.
- Weinert F.E, Kluwe R.H., 1987 : *Metacognition, Motivation and Understanding*, London, Lawrence Erlbaum.
- Wertsch J., 1981 : *The concept of activity in Soviet Psychology*, Armonk, N. York, M.E. Sharpe.
- Wertsch J., 1991 : *Voices Of The Mind : A Socio-Cultural Approach To Mediated Action*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Winograd T. & Flores F., 1986 : *Understanding Computers and Cognition : A New Foundation for Design*, Norwood NJ, Ablex.