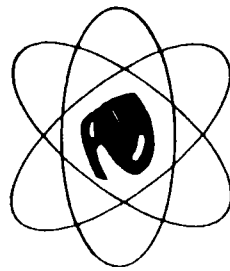


XXIX· CONGRES des SCIENCES LIEGE 1991

Organisé par les a.s.b.l. PROBIO et A.B.P.P.C.
avec la collaboration de la SRC

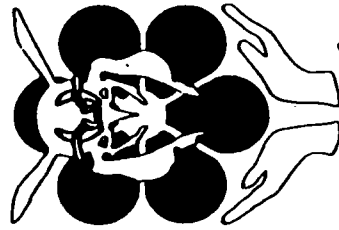
les 27, 28 et 29 août 1991

à l'Université de Liège
au Sart Tilman



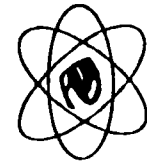
A.B.P.P.C.

ASSOCIATION BELGE
DES PROFESSEURS
DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE



PROBIO

ASSOCIATION
DES PROFESSEURS
DE BIOLOGIE



Mardi 27 août 1991 à 10 heures
grands amphithéâtres
(Amphi 303)



CONFERENCE INAUGURALE

NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET APPRENTISSAGES EN SCIENCES



D. LECLERCO
Directeur du Centre de
Technologie de l'Éducation
de l'Université de Liège

Les sciences d'aujourd'hui sont le résultat d'efforts conjugués de milliers de chercheurs au cours des siècles, qui, par leur ingéniosité, ont donné forme à l'invisible (ex : la structure atomique), ont saisi l'impalpable (ex : la gravitation universelle), ont contredit l'expérience sensible quotidienne (ex : Phélocentrisme ou les lois de la mécanique sans frottements ou le génotype, etc.). Ceci explique qu'en sciences (et en sciences appliquées), il existe des "gouffres" entre les experts et les novices. Or les objectifs de tous les professeurs sont ambitieux : aider à ce que s'installent chez les apprenants des ressources internes telles que des compétences spécifiques (ex : un réseau conceptuel dans un domaine particulier), démultiplicatrices (ex : la méthode expérimentale), stratégiques (ex : la confiance dans ses potentialités) et dynamiques (ex : l'intérêt pour une discipline).

On comprend pourquoi ces objectifs sont difficiles à atteindre pour les professeurs de sciences.

Les nouvelles technologies de l'information, et tout spécialement l'ordinateur, peuvent contribuer au développement de chacun de ces quatre types de compétences. On dispose désormais d'exemples d'applications révélatrices relevant de la biologie, de la chimie, de la physique et des mathématiques.

Les nouvelles approches touchent tantôt au système d'enseignement (comme la formation à distance, l'auto-formation ou l'autorégulation assistées par ordinateur), tantôt aux pratiques d'animation (comme des simulations collectives), tantôt aux processus d'apprentissage (comme la constitution de réseaux conceptuels personnels en respectant le "style d'apprentissage" de chacun).

APPRENTISSAGES EN SCIENCES ET NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION (NTI)

D. Leclercq *

PROBIO-REVUE, vol. 15, n° 1-2

mai 1992

Les sciences d'aujourd'hui sont le résultat d'efforts conjugués de milliers de chercheurs au cours des siècles, qui, par leur ingéniosité, ont donné forme à l'invisible (ex : la structure atomique), ont saisi l'impalpable (ex : la gravitation universelle), ont contredit l'expérience sensible quotidienne (ex : l'héliocentrisme ou les lois de la mécanique sans frottements ou le génotype, etc.). Ceci explique qu'en sciences (et en sciences appliquées), il existe des "gouffres" entre les experts et les novices. Or les objectifs de tous les professeurs sont ambitieux : aider à ce que s'installent chez les apprenants des ressources internes telles que des compétences spécifiques (ex : un réseau conceptuel dans un domaine particulier), démultiplicatrices (ex : la méthode expérimentale), stratégiques (ex : la confiance dans ses potentialités) et dynamiques (ex : l'intérêt pour une discipline).

On comprend pourquoi ces objectifs sont difficiles à atteindre pour les professeurs de sciences.

Les nouvelles technologies de l'information, et tout spécialement l'ordinateur, peuvent contribuer au développement de chacun de ces quatre types de compétences. On dispose désormais d'exemples d'applications révélatrices relevant de la biologie, de la chimie, de la physique et des mathématiques.

Les nouvelles approches touchent tantôt au système d'enseignement (comme la formation à distance, l'auto-formation ou l'autorégulation assistées par ordinateur), tantôt aux pratiques d'animation (comme des simulations collectives), tantôt aux processus d'apprentissage (comme la constitution de réseaux conceptuels personnels en respectant le "style d'apprentissage" de chacun).

* Fac. de Psychologie et Sciences de l'Education, U.Lg
Directeur du Service de Technologie de l'Education

APPRENTISSAGES EN SCIENCES ET NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION (NTI)

D. Leclercq

SOMMAIRE

I. Les faces du cahier des charges d'une formation

- A. Objectifs de la formation en sciences
- B. Mécanismes d'apprentissage
- C. Modalités d'apprentissage
- D. Situations d'apprentissage

II. Conceptualisation du vécu et simulation

- A. La conceptualisation du vécu
- B. Des simulations pour conceptualiser
- C. Les nuances permises par la simulation

III. Procéduralisation des acquis et simulation

IV. L'apprentissage par exposés

V. L'apprentissage par exploration de messages

VI. Combiner exploration et simulation

Bibliographie

Annexe

I. LES FACES DU CAHIER DES CHARGES D'UNE FORMATION

A. Objectifs de la formation en sciences

Comme d'autres domaines, mais avec des "poids" qui lui sont propres, la formation en sciences doit s'attaquer à des objectifs multiples. On peut distinguer des objectifs humanistes (tels que "aider l'apprenant à mieux comprendre le monde qui l'entoure"), des objectifs économiques (fournir à l'économie des personnes compétentes dans divers

domaines), des objectifs de formation intellectuelle (former à l'esprit critique, à la démarche expérimentale, à la résolution de problèmes), etc.

Nous serions incapables de dresser seul une liste détaillée (et encore moins exhaustive) des (nombreux) objectifs de la formation en sciences. Tout au plus pouvons-nous fournir (en annexe) une liste d'objectifs de la capacité de "résoudre des problèmes"¹, capacité qui se confond, dans bien des cas, avec la démarche expérimentale en sciences. C'est dire que la formation scientifique est porteuse d'enjeux très larges pour la formation (résoudre des problèmes) et doit, par conséquent, être dotée des moyens appropriés.

Sans entrer dans la multiplicité des contenus, on peut dire que, parmi les objectifs, il en est qui visent tout à tour à mettre l'apprenant à même

- * de mémoriser (des noms, des valeurs, des indices, des procédures) ;
- * d'automatiser ou procéduraliser (l'interprétation de perceptions, l'exécution de gestes, le recours à une terminologie, l'emploi d'une notation, etc.) ;
- * de conceptualiser, c'est-à-dire représenter, ou abstraire ou encore organiser un vécu en le comprenant en profondeur, en le liant à d'autres notions en le modélisant ;
- * d'investir, c'est-à-dire être capable de se passionner pour, de prendre du plaisir à, de créer, etc.).

B. Mécanismes d'apprentissage

L'espèce humaine est celle "qui apprend", non seulement phylogénétiquement (la société occidentale n'est plus celle d'il y a vingt siècles) mais ontogénétiquement. On connaît, en effet, l'hypothèse d'Asimov (1986) : la chance de l'animal humain est d'être fondamentalement un prématuré. Ainsi, il est "condamné" à terminer sa maturation (notamment intellectuelle) *extra-utero*, bénéficiant ainsi du milieu (crucial pour l'apprentissage du langage, par exemple). Les animaux, eux, sont quasi "finis" à la naissance.

Comment apprenons-nous ? De multiples façons.

Quand, par hasard ou non, de nouveaux stimuli se substituent à d'autres (auxquels ils ont été associés fréquemment) pour déclencher une réponse innée, nous avons acquis un nouveau réflexe (conditionné). Ce mécanisme qui a été décrit par Pavlov, fonctionne d'une façon peu visible, notamment pour façonner nos appétences et nos répulsions ; il joue un rôle considérable dans le développement des motivations.

Quand des essais et erreurs ont été sanctionnés (de succès et d'échecs, de louanges ou de désapprobations, etc.), nous acquérons de nouveaux "opérants", c'est-à-dire des liens instrumentaux, la capacité d'émettre les réactions appropriées (permettant d'atteindre le but visé) dans la situation adéquate. Ce mécanisme (du renforcement positif et négatif) a été décrit par Skinner notamment.

¹ Cette analyse a été menée en collaboration avec Messieurs les inspecteurs Delfosse.

Quand, toujours suite à des essais et erreurs, ou par imitation, nous "abstrayons" notre expérience, nous avons constitué des **opérations mentales**, c'est-à-dire des actions intériorisées, contribuant à **CONSTRUIRE** une structure d'ensemble, connaissant des phases de stabilité et des phases de déséquilibre, expressions et concepts dus à Piaget, le père du **CONSTRUCTIVISME**.

Lorsque, par le langage, on nous communique les expériences d'autrui, des faits, notre **réseau conceptuel** s'enrichit, à condition que le "nouveau" puisse s'arrimer à l'ancien, que les messages soient "significatifs" pour le récepteur. C'est ce qu'Ausubel a appelé "apprentissage verbal significatif".

C. Modalités d'apprentissage

On le sait, on peut apprendre beaucoup sans le chercher vraiment, en dehors de tout système d'instruction, simplement en étant **IMMERGE** dans le problème par le fait de vivre dans un **contexte**, et même sans s'en rendre compte. L'apprentissage est alors **LATENT**.

Cependant, nous devons beaucoup de la masse de ce que nous savons à une **communication intentionnelle** qui transmet des messages en vue de nous apporter de l'information.

Certains domaines, et tout spécialement ceux où il importe de **procéduraliser**, d'automatiser, bref de déboucher sur des routines, sont d'autant plus vite maîtrisés qu'une **exercice systématique** est assurée sous la direction d'un bon entraîneur, qui pousse à agir, aide à interpréter les conséquences, maintient la motivation, bref qui guide lors d'interactions programmées.

D'autres domaines bénéficient d'une approche plus personnelle (la visite personnelle d'une ville a aussi ses charmes et avantages, bien que différents de ceux de la visite guidée), d'une **exploration libre** où c'est l'apprenant qui a l'initiative, qui pose les questions.

Il est des cas où l'apprenant doit **manipuler l'environnement**, en épuisant et combinant les possibles qu'il juge significatifs. Piaget a montré que le jeune enfant pratique beaucoup cette approche, trop souvent considérée par les adultes comme une simple répétition. Si les gestes sont (ou paraissent) les mêmes à chaque fois, les hypothèses, elles, diffèrent d'une fois à l'autre !

Enfin, nous apprenons aussi en **créant du nouveau** (nouveau pour nous), en échafaudant, en changeant le monde environnant.

D. Situations d'apprentissage

On sait que, pour une bonne part, l'éducation et la formation consistent à créer des situations artificielles pour accélérer les acquis, dont on ne peut attendre du hasard qu'il assure la maîtrise. Souvent l'éducation médiatise l'expérience humaine. En cela, les nouvelles technologies peuvent jouer un rôle en éducation.

Qu'on nous comprenne bien : il ne s'agit pas de remplacer toute l'expérience directe par une expérience médiatisée. Monsieur le Doyen Jeuniaux a d'ailleurs très justement mis en garde sur ce point dès le début du colloque. Il incombe à chaque enseignant de faire les "compromis" qui, localement (étant donné SES objectifs, SES élèves, SES ressources, SES contrariétés) lui paraissent les meilleurs.

Le tableau ci-après vise à donner une vision large, mais non complète² de la combinaison des modalités d'apprentissage et des médias.

Nous appellerons

UNI MEDIA une situation qui ne recourt qu'à un canal : le scripto ou l'audio ou le visuel³.

BI MEDIA une situation qui combine deux canaux : son et image ou figuratif et verbal, etc.

MULTI MEDIA une situation qui combine plus de deux canaux.

I MEDIA une situation non médiatisée, c'est-à-dire sans intermédiaire aucun entre le monde réel et l'apprenant. Nous sommes cependant plus sur le thème "continuüm" car I MEDIA ne signifie pas automatiquement MULTIMEDIA.

Dans chaque cellule, un (ou deux) exemples(s) : (page suivante)

II. CONCEPTUALISATION DU VECU ET SIMULATION

A. La conceptualisation du vécu

1. Nous conceptualisons notre vécu

Nous n'abordons jamais une matière nouvelle comme si nous étions une *tabula rasa*. Nous nous en sommes déjà fait une représentation, aussi lacunaire soit-elle, sur base de notre **EXPERIENCE**. Observer des enfants qui jouent "au docteur" ou "au papa et à la maman" est révélateur de cette connaissance "spontanée" (certains disent "naturelle", parce que non enseignée).

Ceci peut être illustré par les résultats d'une recherche dirigée par Albertini (1985) menée dans quatre régions d'Europe : Lyon, Berlin, Manchester et Liège. Cette recherche portait sur les représentations qu'ont de l'économie les jeunes de 12 et de 16 ans. Une des questions posées à ces jeunes les invitait à "relier entre eux les mots qui sont le plus en relation". Les (12) mots étaient présentés en cercle :

² En particulier, nous n'envisageons pas les interactions entre apprenants, situation qui ont pourtant un impact considérable sur le développement intellectuel, parce qu'elles favorisent les conflits socio-cognitifs entre pairs (A.N. Perret-Clermont).

³ Selon les termes de J. Cloutier (1973).

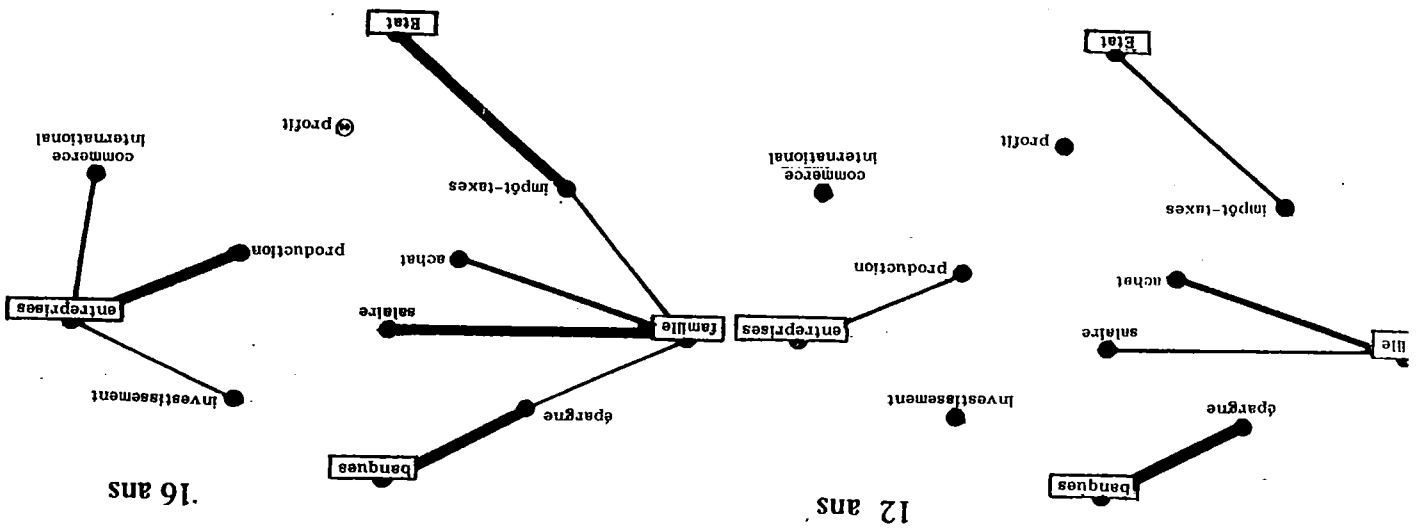
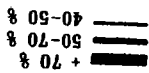
Dans chaque cellule, un (ou deux) exemple(s) :

RESSOURCES APPROCHE	IMMERSIVE ou LATENTE	Ecoute de conversations d'autres	Informations à la Radio.	Journal Télévisé	Démonstration en réduction ou sur maquette	Consigne : "Faites maintenant cette manipulation vous-même".	Navigation dans un Hypertexte (HT)	Navigation dans un Hypertexte (HM)	Essais et erreurs personnels	Vrai avion (avec co-pilote) Auto-école	Roboquique Grandeur nature (avec superviseur)
UNI MEDIA	EXPOSITIVE ou TRANSMISSIVE	Infos à la Radio.	Journal Télévisé	Démonstration en réduction ou sur maquette	Feuillictions TV	Bandes dessinées	Journal Télévisé	Infos à la Radio.	Infos à la Radio.	UNI MEDIA	UNI MEDIA
PLURI (ou BI) MEDIA	INTERACTIF ou PROGRAMMABLE	Tutoriel oral EP écrit ou sonore	Vidéo programmée (l'éleve doit interrompre, relancer)	Vidéo + EAO piloté par ordinateur	Navigation dans un HM + vidéo	Utiliser des simulations	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.
MULTI MEDIA	COMBINATOIRE ou SIMULATIVE	Interroger DBase ou des packages statistiques	Utiliser des simulations	Simulations Multimédias (Simulateur de vol)	Simulations Multimédias (Simulateur de vol)	Logo lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logo lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logo lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logo lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.
I MEDIA	CONSTRUCTIVE ou par MICRO-MONDES	Logo lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.	Logos lortuc Constr. 1 simul. Hypermed.

En fait, mélangés avec les autres concepts, figurent les 4 agents fondamentaux du circuit économique : BANQUES, FAMILLES, ENTREPRISES, ETAT, agents qui, dans la présentation des résultats, seront disposés aux 4 points cardinaux. La famille représente le pôle de la consommation ; les entreprises représentent le pôle de la production.

La comparaison du "réseau mental" (collectif) à 12 ans et à 16 ans est frappante :

La comparaison du "réseau mental" (collectif) à 12 ans et à 16 ans est frappante :



A 12 ans, les quatre agents économiques ne sont pas reliés entre eux, ce sont des îles (conceptuelles), sans ponts (mentaux) pour les relier entre elles. La vision du "paysage économique" est éclatée et est loin de constituer le fameux "circuit des flux monétaires".

A 16 ans, il en va déjà tout autrement :

- * La sphère de la consommation et celle de la production prennent consistance et se structurent.
- * La sphère de la production n'est cependant pas encore connectée à celle de la consommation, pour une raison évidente : à cet âge, les étudiants n'ont encore qu'une PRATIQUE économique limitée ...
- * La densité des relations augmente, ... mais sur base du renforcement de grosses relations déjà existantes à 12 ans : **ON CONSTRUIT DONC SUR DU DEJA CONNU.**

2. Notre vécu peut nous piéger

Tous les jours nous VIVONS le contraire des lois de Newton. En effet, pour que la vitesse de la voiture reste **CONSTANTE**, il nous faut **ACCELERER EN PERMANENCE**. Les lois de Newton prédiraient un accroissement constant de la vitesse (dans un monde sans frottement). De même, dans un monde sans frottement, l'orientation du véhicule (vaisseau spatial, par exemple, ne change rien à sa direction, alors qu'avec une voiture, un coup de volant change non seulement l'orientation du véhicule MAIS AUSSI sa direction, et ce, de nouveau, grâce aux forces de frottement appliquées aux pneus.

Comment mettre l'élève en situation de VIVRE des expériences de déplacement et d'accélération dans un monde sans frottement ? Les carrousels de nos champs de foire dont chaque nacelle est orientable (et où, donc, on peut dissocier direction d'orientation), ne peuvent faire l'affaire, car l'apprenant ne peut MANIPULER à sa guise ni la direction, ni l'orientation.

Il faudrait non seulement permettre à chaque apprenant de faire partie d'un vol spatial, mais encore de pouvoir manipuler lui-même accélération, direction et orientation.

Tout cela est rendu possible par la simulation par ordinateur. Ainsi, grâce au langage LOGO, on peut créer un MICROMONDE de la mécanique, comme LOGO TORTUE est un micromonde de la géométrie.

Un tel micromonde a été réalisé : c'est la DYNATORTUE, qui invite l'étudiant à faire évoluer un mobile dans un anneau, et donc à rectifier fréquemment sa direction, par des rotations, mais aussi par des impulsions (des forces) positives ou négatives (des poussées dans un sens ou dans un autre). La réaction (le trajet sur l'écran) de l'engin imaginaire ne manque pas de surprendre les novices, tant notre conception de la mécanique est influencée par notre monde terrestre.

B. Des simulations pour conceptualiser

Le généticien contemporain A. Jacquart (1982) note que l'évolution de l'homme amène celui-ci à croire de plus en plus son cerveau et de moins en moins ses yeux. Deux exemples suffiront : l'héliocentrisme, contraire à l'"évidence" perceptive et les lois de Mendel, dépassant les phénotypes, bref les "faits" apparents.

Du point de vue ontogénétique, cette remarque de Jacquart s'applique tout particulièrement bien à l'évolution des relations entre l'homme et la physique.

Piaget (1974) a montré que, pour la conservation de la quantité de substance (autrement dit de la masse, le jeune enfant était, au départ, très influencé par ses sens (ici la vision). On l'observe par exemple dans les expériences de transvasement de liquides. Ce n'est que progressivement que le raisonnement prend le pas sur les perceptions. On constate en outre combien les arguments sont liés à l'action (rappelons que, pour Piaget, les opérations sont des actions intériorisées). Ainsi, les arguments "classiques" des individus qui ont acquis la conservation de la "quantité de matière" sont l'identité (on n'a rien enlevé, on n'a rien ajouté), la réversibilité (ce que l'on fait dans un sens, on peut le faire dans l'autre et remettre tout en position initiale), la compensation (l'augmentation d'une dimension, par exemple la largeur, est compensée par la diminution d'une autre, par exemple la hauteur).

On sait que de nombreux adultes n'ont pas acquis la conservation du volume : pour eux, une transformation de la forme d'une boulette d'argile peut amener une transformation du volume total. Il faut bien reconnaître que nous n'avons du volume que des sensations indirectes et parcellaires : longueur, largeur, hauteur, rayon ... qu'il faut combiner. Par contre, du poids (dont la conservation est acquise avant celle du volume), nous avons une sensation directe et unique. Il n'est pas "étonnant" que la poussée d'Archimède, qui combine poids et volume, soit difficilement comprise en profondeur.

2. Remédier aux situations d'impossibilité

Il est des expériences que l'on ne peut faire, pour diverses raisons :

- * elles sont trop dangereuses (ex. : la sécurité dans une centrale nucléaire)
- * elles sont trop coûteuses (ex. : rater des pièces réelles en commandant une machine à fraiser)
- * elles sont trop longues (ex. : l'évolution de populations d'animaux)
- * elles sont trop complexes (ex. : piloter une fusée vers la lune).

3. Un exemple de simulation : EUREKA

Bien entendu, l'expérience courante enseigne que - contre toute attente - certains corps lourds flottent alors qu'on croit qu'ils devraient sombrer.

Mais se rendre à l'évidence ne signifie pas que l'on comprenne les mécanismes de base des phénomènes. Accepter l'idée que des corps plus lourds que l'air décollent ne signifie pas que l'on ait compris les principes sous-jacents.

Comprendre en profondeur la loi d'Archimède, ce n'est pas seulement connaître les facteurs intervenant (la nature du liquide et le volume immergé du corps), mais c'est aussi savoir que d'autres facteurs n'interviennent pas.

Ainsi, dans l'expérience principes (où un corps est immergé dans un liquide, lui-même contenu dans un récipient), bien des sujets tiennent pour évident que la forme du récipient contenant le liquide, la nature du récipient, le volume du récipient n'interviennent pas dans la valeur de la poussée.

Pour certains, il est déjà moins évident que le volume du liquide, la forme du corps, l'orientation du corps n'interviennent pas non plus.

Enfin, pour beaucoup, il est encore moins évident que la profondeur d'immersion du corps, la nature du corps n'interviennent pas.

Pour nous, l'indice de la compréhension en profondeur réside plus dans les convictions signalées ci-dessus que dans l'énonciation de la loi (Poussée = $g \cdot V_i$) ou dans son application mécanique à des cas concrets stéréotypés.

C'est pourquoi Mahaux et Boxus ont construit⁴ un didacticiel de simulation (EUREKA) qui a pour but de *faire évoluer les convictions* sur les facteurs intervenants. Ce n'est qu'ensuite que l'on s'efforcera de dévoiler la loi sous-jacente.

EUREKA est d'ailleurs une simulation de l'approche expérimentale au sens plein du terme, car l'étudiant doit d'abord se fixer une hypothèse, ensuite concevoir un dispositif de vérification, puis analyser les résultats et enfin confirmer (ou infirmer) l'hypothèse de départ. Cette approche contraste avec un certain nombre de didacticiels de simulation dans lesquels l'étudiant est invité à ne faire varier que des paramètres pertinents, pour mettre en évidence les relations quantitatives entre eux. Ici, c'est d'abord l'approche qualitative qui a été privilégiée. Nous avons pensé qu'il était important de renforcer les concepts clés de ce que Norman (1980) appelle "réseau conceptuel" de l'étudiant. En effet, avec Ausubel (1968), nous pensons qu'il est inutile d'enseigner *verbalement* des notions qui ne peuvent être "captées", "intégrées" dans des concepts assimilateurs déjà présents dans l'organisation mentale de l'individu.

L'apprentissage verbal ne peut être significatif que s'il évoque des choses comprises par l'étudiant. On sait ce qu'il advient souvent des apprentissages verbaux non significatifs : l'apprenant retient les énoncés des définitions (ce que Gagne appelle "chaînes verbales" ou apprentissage de type 4), mais est incapable de juger si le principe s'applique (et comment) dans des cas particuliers (cette performance est, pour Gagne (1965) révélatrice d'un apprentissage de type 7, c'est-à-dire d'un apprentissage de principe).

Les nuances permises par la simulation

Dans le recueil de la réponse

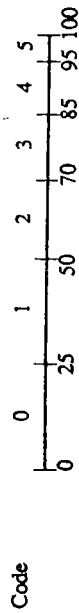
On peut "jalonner" les exercices de simulation de coups de sonde sur l'état des

⁴ Direction scientifique : inspecteur Reyemen.

croiances de l'apprenant sur les notions ou le système étudiés. Nous ne pensons pas que dans ce domaine - pas plus que dans d'autres - l'apprentissage procède par un bond total et définitif d'un état de "connaissance nulle" à un état de "connaissance parfaite". En fait, et l'interview des apprenants le montre, la plupart du temps, les étudiants sont dans un état intermédiaire de "connaissance partielle" (Combs, Milholland et Womer, 1956).

Boxus et Mahaux (1987) se sont dotés de moyens techniques pour mesurer finement des évolutions subtiles d'un état de connaissance partielle à un autre état de connaissance partielle. Elles ont adopté le principe des degrés de certitude (Leclercq, 1983 et 1991), où l'étudiant fournit, en plus de sa réponse, une estimation des chances que cette réponse soit correcte, et ce sur une échelle allant de 0 % à 100 % de chances.

Comme il est exclu de demander à un élève d'exprimer sa certitude avec une acuité trop poussée (comme établir une différence entre 67 % et 68 % de chances), on l'invite à situer ses doutes dans l'une des six zones grossièrement délimitées sur l'axe des probabilités :



Le découpage de l'axe des probabilités en six zones est basé sur les résultats de travaux expérimentaux de D. Leclercq (1983) portant sur la validité, la stabilité dans le temps et l'acuité des degrés de certitude.

2. Dans le diagnostic ainsi permis

Cette modalité de recueil des réponses permet d'évaluer la CONNAISSANCE PARTIELLE, et donc de mesurer de subtils progrès entre deux leçons, entre deux "prises d'information" ou activités de l'élève. En outre, les probabilités subjectives expliquent les conduites (de vérification, d'appel à l'aide, de prise de risque, etc.).

Enfin, à partir des indices de certitude, on peut se faire une idée de la qualité de l'auto-estimation. Un élève peut manquer de réalisme par SUR ou SOUTS-estimation. Le professeur peut utiliser cette information nouvelle au bénéfice de l'apprenant.

Il s'agit d'un instrument *éducatif* qui vise à travailler à un degré de finesse adapté à la subtilité des processus mentaux.

Voici, à titre indicatif, la série de réponses et de degrés de certitude. A gauche (A) les réponses : considérées comme parfaites. A droite (B) celles que l'on a obtenues chez un élève en début d'une session expérimentale.

- b. Lorsque l'expérience est conçue, sa visualisation est possible immédiatement ...
L'élève pourrait donc tester les dix paramètres en un temps très limité.
- c. L'élève peut revoir les réponses (et les degrés de certitude) qu'il a fournis au test pour chaque paramètre. Il peut ainsi mieux choisir celui qu'il veut tester.
- d. La comparaison des résultats obtenus au pré-test et au post-test fournit à l'élève une information sur la qualité de son apprentissage.
- e. Les tâtonnements ont été mémorisés. L'élève peut à tout moment réfléchir sur sa démarche. Cette vue synoptique de plusieurs expériences favorise l'analyse et la découverte de l'influence de chaque paramètre testé.

4. Principes généraux de la simulation

Dans ce didacticiel de simulation, Boxus et Mahaux ont appliqué divers principes importants dans une démarche pédagogique :

1. Constructivisme : respecter le processus d'élaboration de la connaissance par la personne elle-même.
2. Caractère concret : même en simulation sur ordinateur, les montages sont visuellement représentés, la lecture du dynamomètre (simulé) doit être effectuée par l'apprenant lui-même.
3. Intérêt à la fois pour les aspects objectifs et les aspects subjectifs de la connaissance.
4. Degré de précision élevé dans la mesure de la compréhension partielle.
5. Distinction entre les fonctions de mesure et de valorisation (donc d'évaluation formative) des scores.

III. PROCEDURALISATION DES ACQUIS ET SIMULATION

Certaines compétences nécessitent non pas d'être "conceptualisées", mais "automatisées", c'est-à-dire déboucher sur des performances de plus en plus rapides, efficaces, économiques (nécessitant peu d'énergie), fiables, etc.

C'est ce que certains (Fitts, 1964 ; Anderson, 1983 dans son *Adaptive Control of Thought* ; Estes, 1989) ont appelé des compétences "compilées", qui, dans un premier temps, ont pris une forme déclarative (prescriptions d'actions, interprétées pour guider le comportement) et, dans un deuxième temps, peuvent produire le comportement sans se référer continuellement à la mémoire déclarative. Dans un troisième temps (*tuning*), par discrimination, généralisation et consolidation par répétition, l'efficacité de la performance augmente (Estes, 1989, p. 40).

C'est le cas d'un certain nombre de performances motrices telles que nager le crawl, rouler à vélo, danser le tango, conduire une voiture, piloter un avion, réagir à des pannes d'un appareil, construire un appareil d'expérience chimique, concevoir des mesures, etc.

Ici aussi, la simulation va s'avérer précieuse, pour plusieurs raisons :

LE FACTEUR SUIVANT A-T-IL UN EFFET SUR LA VALEUR DE LA POUSSEE ?

	A	B
Forme du récipient	Non 5	Non 5
Nature du récipient	Non 4	Non 4
Volume du récipient	Non 5	Non 4
Volume du liquide	Non 5	Non 3
Nature du liquide *	Oui 5	Oui 5
Profondeur d'immersion du corps	Non 5	Non 2
Nature du corps	Non 5	Oui 4
Forme du corps	Non 5	Non 4
Oriantation du corps	Non 5	Non 4
Volume immergé du corps *	Oui 5	Oui 5
Score total	200	171

Les scores (ici 100 et 74) sont calculés selon un barème conforme à la théorie des décisions (Leclercq et de Brogniez, 1990) :

	Correcte	Incorrecte
0 % et 25 %	+13	+4
25 % et 50 %	+16	+3
50 % et 70 %	+17	+2
70 % et 85 %	+18	+0
85 % et 95 %	+19	-6
95 % et 100 %	+20	-20

Le barème des tarifs peut vous paraître "bizarre". Il a été calculé de manière à ce que

DIRE LA VERITE soit la stratégie qui rapporte le plus de points ; ceux qui s'auto-évaluent bien, c'est-à-dire qui sont REALISTES (ni surestimation flagrante, ni sous-estimation énorme) gagnent plus de points que par leur seul nombre de réponses correctes (le pourcentage de réussite classique).

Un feed-back précis n'est pas donné sur *chaque* facteur, afin de garder la possibilité d'observer l'évolution spontanée. En effet, révéler les réponses correctes, ce serait empêcher l'étudiant de les découvrir lui-même, et donc l'empêcher de construire lui-même sa connaissance. Dans cet aspect de notre didacticiel, elles se sont efforcées d'adopter une démarche découlant du postulat constructiviste de Piaget (1974).

Avantages du recours au didacticiel

Quels que soient les tâtonnements des élèves dans la construction d'une expérience, l'ordinateur est patient et fournit une rétroinformation permettant d'améliorer les

- * Parce qu'on va pouvoir simuler des cas rares. On peut, en quelques heures, simuler des types de pannes qu'un opérateur normal ne rencontrerait qu'au bout de plusieurs années. Means et Gott (1988, p. 38), à propos de l'entraînement à la détection de pannes (dans les systèmes électroniques) par simulation déclarent : "Etant donné la rareté de chaque panne dans les systèmes électroniques modernes, on peut fournir en 50 heures de simulation une expérience équivalente à celle de 5 ans sur le terrain".
- * Parce qu'elles sont sans danger (si on ne répare pas le poumon d'acier en moins de trois minutes, il n'y a pas de vrai patient qui meurt).
- * Parce qu'on répète à volonté, on reçoit des feedback immédiats et des synthèses (mesures de progrès).

La simulation permet de réaliser des situations complexes en manipulant des paramètres

- * soit analytiquement : on introduit, une à une, les valeurs numériques que l'on désire donner à diverses variables identifiées et en nombre connu, même si ce nombre est très grand ;
- * soit synchroniquement : on manipule un environnement de façon analogique, c'est-à-dire avec des gestes, des curseurs, ... et non avec des nombres (qui sont générés par le système). C'est le cas dans une simulation de pilotage d'avion.

Ce qui intéresse l'apprenant, ce sont les réactions du système. Il passera alors par une phase d'interprétation des données (souvent issues d'une série d'expériences légèrement différentes l'une de l'autre pour faire apparaître des variations "explicables"). L'apprenant part d'une vision synchrétique, globale (dans le sens de Decroly). Il devra passer ensuite par une analyse pour déboucher enfin sur une synthèse (de recomposition).

1. Un exemple : DISTIL

Le logiciel DISTIL vise à familiariser l'apprenant avec le dispositif matériel nécessaire pour réaliser une *distillation fractionnée*. Il fonctionne sur le système PLATO d'enseignement assisté par ordinateur et exploite la sensibilité de l'écran au contact (du doigt). Voici différentes phases des tâches exécutées par l'étudiant. (*page suivante*)

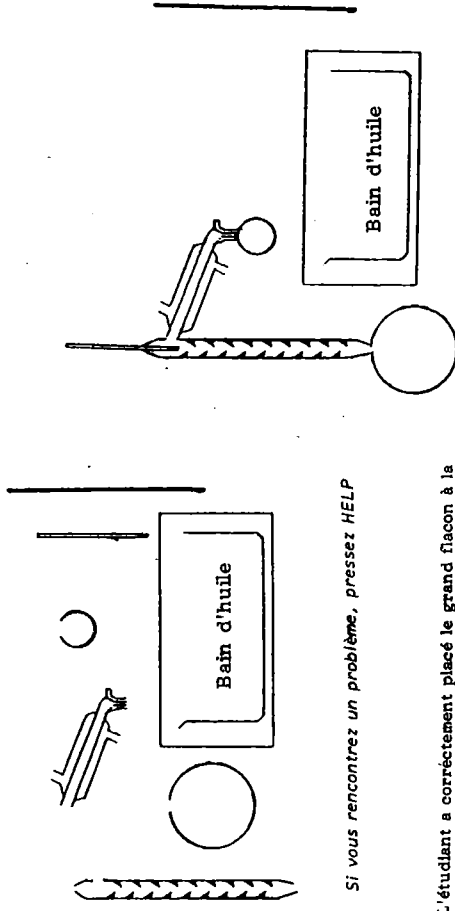
2. Un autre exemple : BUVEUR (CERES-CCE)

Le didacticiel BUVEUR est parallèle dans ses principes à EUREKA :

1. Le but.

Amener les apprenants à mieux estimer les apports (en énergie, en vitamines, en sels minéraux, en alcool, etc.) des boissons. Les connaissances sont mesurées lors d'un pré- et un post-test.

Voici les différentes pièces d'un appareil à distiller. Assemblez cet appareil en touchant une pièce puis en touchant l'endroit où elle doit se placer.



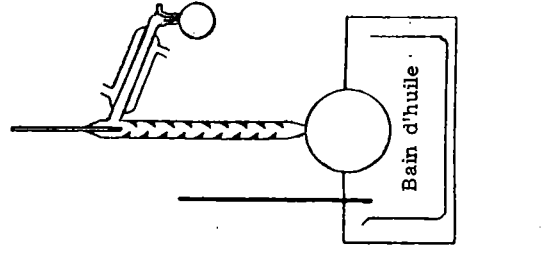
Si vous rencontrez un problème, pressez HELP

L'étudiant a correctement placé le grand flacon à la base de la colonne de distillation, le réfrigérateur au sommet de cette colonne et le (petit) flacon collecteur.

Placez le bain d'huile ici.

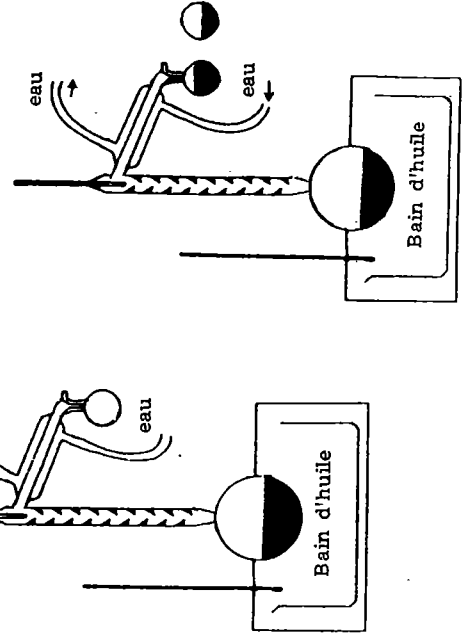
L'étudiant ayant pressé HELP, il reçoit un conseil concernant le bain d'huile, ce qui lui permet de continuer le montage.

L'étudiant doit alimenter le réfrigérateur en eau.



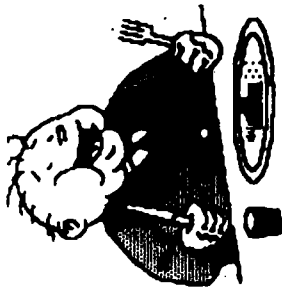
Le programme place alors la substance à distiller dans le grand flacon

L'étudiant doit changer (en le touchant simplement du doigt) le flacon collecteur avant que celui-ci déborde. Le programme place automatiquement un nouveau flacon collecteur.



2. La situation de départ.

Un personnage obèse (appelé Monsieur Achille) est présenté. Ses ingestions de boissons tout au long d'une journée sont décrites. L'apprenant est invité à estimer puis vérifier l'apport calorifique de chacune des boissons.



Conseil

A. Vous maintenant de proposer vos conseils à Monsieur Achille pour réduire l'apport calorifique lié aux boissons sans l'assoiffer et en respectant son équilibre en liquide.

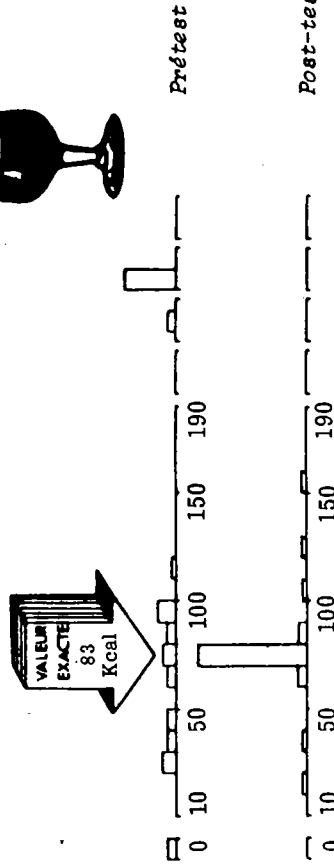
SUITE

3. La simulation.

L'apprenant a la possibilité de proposer d'autres boissons à M. Achille (qui d'ailleurs peut les refuser si les choix sont trop monotones). En fin de journée, le bilan des propositions acceptées (donc ce que M. Achille a bu) est alors commenté par l'ordinateur.

L'expérience a montré (Leclercq, Reginster et Miermans, 1982) que, sans avoir mémorisé les valeurs numériques, mais simplement après avoir "joué", c'est-à-dire conseillé M. Achille, les apprenants avaient "acquis" une notion beaucoup plus précise de la quantité (en kilojoules) calorifique apportée par chaque boisson.

Verre de bière légère (200 ml).



Il s'agit là d'un exemple d'apprentissage LATENT (Postman, 1976).

IV. L'APPRENTISSAGE PAR EXPOSES

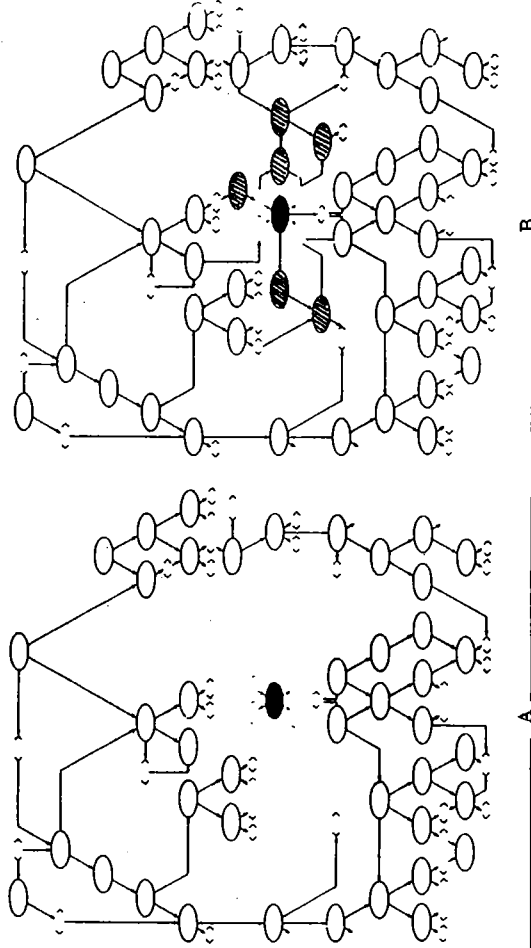
1. Le réseau conceptuel d'un apprenant

La plupart des cours ont la forme d'exposés magistraux ou de dialogues (socratiques)

où l'enseignant a l'initiative (assure le fil conducteur).

Ausubel (1968) a montré qu'une telle façon d'apprendre peut être efficace (dans certaines circonstances) A CONDITION que cet apprentissage verbal soit significatif, c'est-à-dire que les nouveaux messages puissent "se raccrocher" aux mailles du réseau mental déjà existant. C'est ce qui lui fait dire que, ce qui fait la plus grande différence d'apprentissage entre personnes exposées aux mêmes messages, c'est ce qu'elles savaient déjà AVANT.

Norman (1982) pense que souvent il est indispensable d'enseigner plusieurs concepts à la fois, car ils servent d'intermédiaires entre eux pour se raccrocher à l'existant.



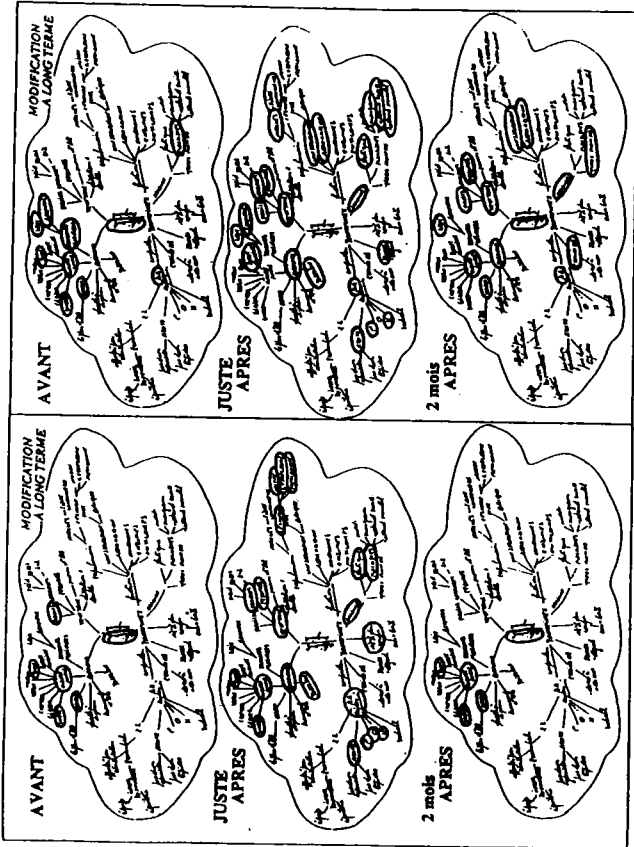
Supposons que le schéma A soit la structure de la connaissance d'une personne concernant un domaine et que l'on doive y "incruster" le nouveau concept X. Souvent, cela ne peut se faire que par l'intermédiaire des concepts Y. On voit qu'en B, la "greffe" a pu "prendre" grâce aux multiples points d'accrochage, assurés par les autres concepts.

2. L'effet éphémère d'un exposé

Nous avons demandé à des étudiants (18 ans) d'une école normale primaire de dresser leur carte mentale AVANT et APRES le visionnement d'un montage audiovisuel sur les PROTEINES. La technique de la carte mentale consiste à écrire un mot au centre de la page et à demander à l'étudiant de la compléter "en étoile".

Pour étudier ce qu'il reste d'une modification, nous avons réappliqué le principe de la carte mentale AVANT l'intervention sur les protéines, puis JUSTE APRES (le jour même) et enfin DEUX MOIS APRES.

Voici deux résultats typiques :



On comprend que la formation ne puisse s'accommoder d'acquis aussi éphémères. C'est pourquoi on considère avec attention deux techniques permettant de "tresser" (ou de tricoter) un réseau mental significatif et durable. Ces deux approches sont, en fait, opposées.

La première (historiquement) part du réseau mental de l'expert et amène l'apprenant à le parcourir d'une manière laborieuse. C'est la formule de l'enseignement programmé, qui, avec les ordinateurs, a donné naissance à l'EAO (Enseignement Assisté par Ordinateur), et, maintenant, par des concepts et techniques issus de l'intelligence artificielle, à l'EIAO (Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur).

La seconde (plus récente), consiste à laisser à l'apprenant l'initiative de l'exploration. C'est le cas, par exemple des HYPERTEXTES. Il s'agit de textes apparaissant sur l'écran d'un ordinateur. L'apprenant peut désigner un mot à l'aide de la souris (ou du curseur) et obtenir ainsi des informations relatives à ce mot (cela peut être le contenu de ce qui est traditionnellement en bas de page, ou une définition qui est traditionnellement dans un lexique, ou un chapitre entier, selon ce que l'auteur de l'hypertexte a décidé).

L'enseignement programmé (devenu EAO)

Ce qui fait la différence entre un novice (par exemple un élève) et un expert (par exemple un professeur), ce n'est pas la connaissance du principe (par exemple la définition du poids : "la force avec laquelle un corps particulier est attiré par un corps

céleste"), mais l'ensemble des relations entre ce concept et d'autres (par ex. la masse, la pesanteur, la distance, etc ...).

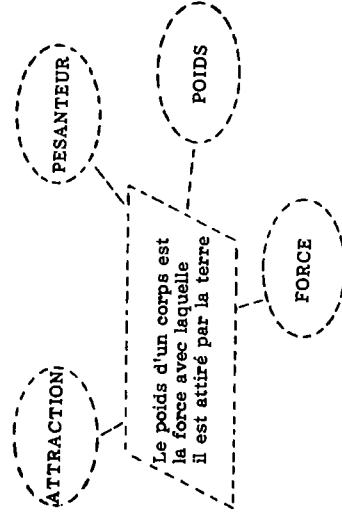
On a trop peu insisté sur l'efficacité de l'enseignement programmé à "tricoter" patiemment ces très nombreuses relations et à faire en sorte que CHAQUE élève tisse CHAQUE maille.

Voici des extraits d'un cours programmé (D'Hainaut, 1968) sur le poids et la masse : les premières et les dernières mailles du premier chapitre. En regard, le réseau tissé.

D'Hainaut a analysé les concepts et des principes proches des concepts de poids, de masse et d'inertie. Tout d'abord, il a identifié les principes (morceaux de murs) qu'il voulait construire. Par exemple le premier pan de mur était :

Le poids d'un corps est la force avec laquelle il est attiré par la Terre.

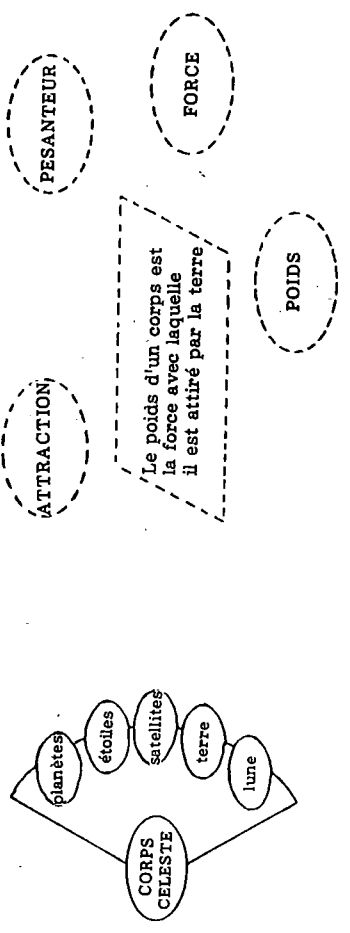
Il a ensuite identifié les sous-murs et blocs nécessaires pour réaliser une telle construction. Nous les entourons de pointillés pour indiquer qu'ils sont des objectifs à atteindre, qu'ils ne sont pas encore appris.



Il a ensuite défini les objectifs qu'il souhaitait atteindre (en termes de comportements observables des apprenants). Il a enfin organisé ces objectifs selon des techniques spécifiques telles que le graphe de Morganov, la matrice de Davies, etc. (Leclercq, Donnay, De Bal, 1977), ce qui a donné lieu au type de séquences suivant :

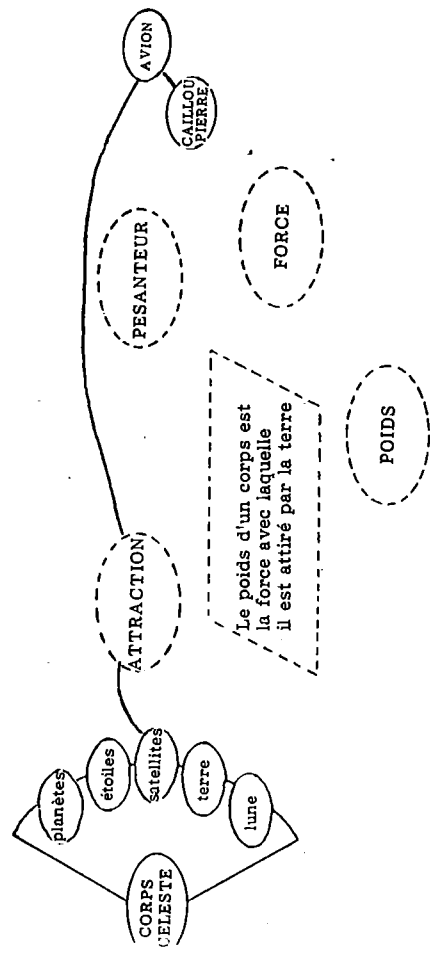
- 1.01 Les étoiles, les planètes et leurs satellites naturels sont des corps célestes.
- L'étoile polaire, la Terre et la Lune sont des :

Cette maille "réchauffée" (ou "réactive"), au sens de Quillian, des concepts connus de l'élève et leur attribue un terme peu familier : CORPS CELESTES, concept indispensable :



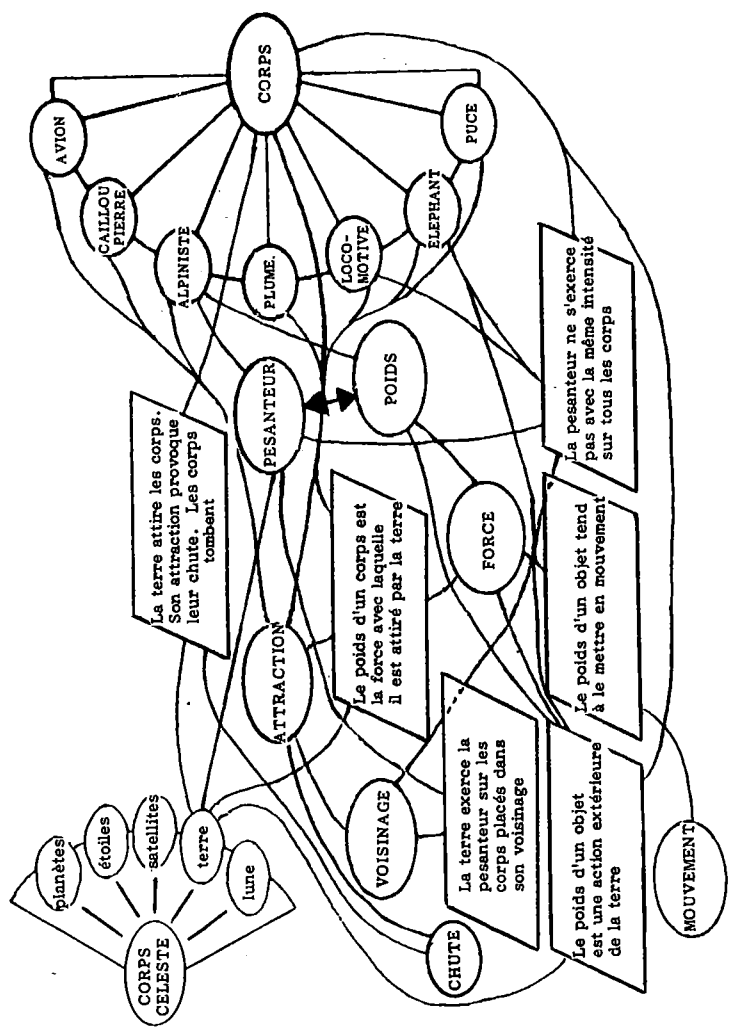
1.02 Quand on lance un caillou, il retombe parce qu'il est attiré par la Terre.
 Quand un avion lâche des bombes, elles tombent parce qu'elles sont par la Terre.

Cette maille donne deux exemples d'un autre concept (les CORPS), qui constituent l'autre "pôle" du raisonnement, et les lie au premier pôle par le concept d'attraction, mot effrayant, dont la venue (indispensable) est préparée par l'expression ATTIREE(S).



1.22 Le poids d'un objet est la force avec laquelle il est attiré par la Terre.
 Le poids d'un caillou est la avec laquelle il est par la Terre.

Ce n'est qu'à la maille 22, et après avoir énoncé 5 principes "prérequis" que Hainaut énoncera (enfin) la définition du poids :



On constatera la densité des relations tissées entre temps. C'est ce réseau de relations qui fait la différence entre un NOVICE et un EXPERT. D'habitude, l'élève peut en très peu de temps, énoncer la définition du principe aussi bien que le maître, mais son réseau de relations est beaucoup moins développé. Or c'est cela "avoir compris la notion de poids" !

V. L'APPRENTISSAGE PAR EXPLORATION DE MESSAGES

A l'intersection entre LES-PUBLICS-et-leurs-PROJETS d'une part et les THEORIES D'APPRENTISSAGE d'autre part, on peut situer la problématique des "styles cognitifs". Certaines personnes seraient plus verbales qu'"iconiques", d'autres fonctionneraient de la manière inverse (Riding, 1985). Certains seraient globalistes - holistes, d'autres analytiques - sérialistes (Pask, 1971). Certains seraient réflexifs, d'autres impulsifs (Kagan, 1965). Certains seraient dépendants du champ, d'autres indépendants (Leclercq, 1983), etc. Certains se surestimeraient, d'autres se sous-estimeraient (Leclercq, 1983), etc.

En supposant que l'on veuille imposer, conseiller ou même offrir une approche "globaliste" ou "visuelle", etc ..., qui en a la possibilité, quel système de formation fournit ainsi, sur un même contenu, pour atteindre les mêmes objectifs, une panoplie de moyens différenciés également accessibles en temps réel ?

La technologie offre ici des possibilités intéressantes, notamment sous la forme des

hypertextes⁵ ou d'hypermédiâs⁶. Le STE a développé un logiciel (DELIN) pour s'attaquer à la fois aux problèmes théoriques et aux problèmes pratiques.

1. Un exemple d'hypermedia : DELIN

Le STE a développé DELIN (Leclercq & Pierret, 1989 ; Leclercq & Boskin, 1990), un package de logiciel permettant de créer des didacticiels offrant des possibilités de choix relatifs au contenu, au média et à la stratégie.

Les choix de l'apprenant relatifs aux modes de communication sont offerts par un "tableau de bord" permanent au bas de l'écran, activable par la souris :

- * écran suivant.
- * écran précédent (celui que l'apprenant vient de quitter).
- * information complémentaire (approfondissement de la matière traitée de l'écran en cours).
- * synthèse (vision schématique ou squelettique de la matière de l'écran en cours).
- * vidéo (document vidéo, accessible par magnétoscope, relatif à l'écran en cours).
- * question (posée à l'apprenant pour que celui-ci puisse vérifier s'il a compris la matière ; cette question est à choix multiple, avec degré de certitude).
- * schéma (illustration graphique ou iconique relative à l'écran en cours).
- * commentaire-introduction (possibilité pour l'apprenant d'introduire, via le clavier, des "notes" personnelles, à concurrence de 4 lignes, à propos de l'écran en cours).
- * visualisation (possibilité, pour l'apprenant, de visualiser ses notes).
- * choix écran (possibilité d'obtenir un écran précis à condition de l'appeler par son nom, indiqué dans le plan d'ensemble du cours éventuellement remis à l'apprenant au départ).

La case du bas à droite sur l'écran affiche automatiquement le nom de l'écran en cours (chaque écran portant obligatoirement un nom).

Les choix de l'apprenant relatifs aux contenus se font principalement par les options "information complémentaire" et "écran suivant" et par la possibilité de désigner, par la souris, n'importe quel mot du texte, ce qui "branche" sur un écran *ad hoc*.

Le concepteur du cours a en effet défini, pour chaque écran, un certain nombre de "mots sensibles" (pour les textes) ou de "zones sensibles" (pour les images et graphiques).

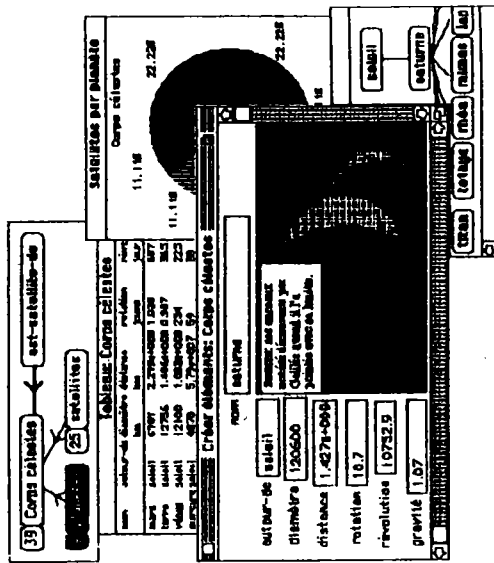
Nous avons détaillé ailleurs (Leclercq, 1991) l'écran-type, les parcours possibles et les changements de stratégies (globaliste ou sérialiste, visuelle ou non) chez les mêmes

5 On appelle hypertexte un texte (sur ordinateur) dont certains éléments (mots, titres, paragraphes, notes de bas de page) permettant des renvois automatiques par leur seule désignation, et avec des règles d'exploitation (ex. : retour automatique ou non au point de départ).

6 Forgé par APPLE-Macintosh, ce terme désigne les logiciels fonctionnant sur le principe des hypertextes mais se déployant de façon multimédias (synthèse de la parole, musique, graphique, vidéo, etc.).

étudiants (variations INTRA-INDIVIDUELLES) en fonction des contraintes (selon la modalité d'examen).

Nous empruntons à Paquette (1991, p. 200) un exemple d'écran dû au projet Louit où, par navigation non linéaire, l'étudiant peut superposer sur son écran des informations diverses, y compris pour favoriser la modélisation.



VI. COMBINER EXPLORATION ET SIMULATION

Le professeur José Gonzales, de l'Agder College of Engineering de Grimstad en Norvège, est le créateur du didacticiel AIMS (AIDS Information, Decision and Simulation).

Par ce logiciel, il souhaite s'attaquer à ce qu'il appelle les "LENTI problems", c'est-à-dire les problèmes à développement lent, dont l'impact est peu perceptible à l'échelle d'une génération tels que le risque nucléaire (accidents de centrales, entropôt des déchets radioactifs), la pollution (des eaux potables, des mers, etc.), la destruction de la couche d'ozone (et son impact sur le réchauffement de la planète), le défrichement excessif des forêts (par exemple en Afrique, en Amazonie), l'avance du désert (Sahel, Sahara, etc.), le SIDA, etc.

Ces problèmes reçoivent trop peu d'attention pour plusieurs raisons. Tout d'abord par égoïsme de la moyenne des citoyens ... et des politiciens. Ensuite, par manque de compréhension des mécanismes et de capacité de se représenter les effets et les conséquences futurs.

Ce genre de préoccupation fait de plus en plus souvent référence aux travaux de D. Dorner, spécialiste de la simulation de problèmes complexes.

1. L'objectif du didacticiel AIMS est d'aider les jeunes à comprendre les mécanismes épidémiologiques de la propagation du SIDA et ses relations avec les comportements

préventifs, à l'aide principalement de la simulation par ordinateur.

2. Les raisons pédagogiques :

- Ce phénomène est complexe par son caractère fondamentalement probabiliste, par la multiplicité de ses aspects (biologiques, relationnels, sociologiques, éthiques) et ne se prête pas à une expérimentation réelle (du type exercice d'alerte incendie ou d'extinction de véritables feux).
 - Il importe de développer, chez chaque jeune, une vision synthétique de la chaîne "cause-effets" dans sa complexité spatiale, temporelle, individuelle, collective, biologique, sociologique, ...
- La simulation par ordinateur permet d'intégrer ces divers aspects en permettant de visualiser les conséquences globales de comportements individuels et *vice versa*, c'est-à-dire de passer constamment de l'analytique au synthétique. Une phase synchrétique (appréhension globale avant toute analyse) est néanmoins nécessaire, d'où la nécessité de développer une stratégie *ad hoc* assurant les trois phases : synrèse, analyse, synthèse.

3. Le didacticiel comporte trois volets (ou modules) :

- a) Statistiques mondiales
- b) Le mécanisme épidémiologique
- c) Le dancing (la discothèque, en anglais).

Nous ne commenterons ici que le module C.

MODULE 3 : SIMULATION ANALYTIQUE DE PROPAGATION DANS UN MICROCOSME

Ce troisième module est le plus "concret" des trois. Il aide l'apprenant à se rendre compte du mécanisme de propagation dans un microcosme, en fonction des comportements sexuels d'individus.

Une situation particulière est présentée : une discothèque fréquentée par 200 "habituez". Les comportements sexuels de ces 200 personnes sont "résumés" en 9 configurations possibles, symbolisées par 9 personnages sur la piste de danse.

A chacune de ces 9 catégories (de ces 9 personnages), l'apprenant doit attribuer un comportement sexuel (ou CS exprimé en espace, en semaines, entre deux rapports sexuels).

Exemple pour le personnage 4 :

Durée de vie avec un partenaire stable : 2 ans

CS avec ce partenaire : 1

CS avec une autre personne que ce partenaire : 10

Durée de vie sans partenaire stable : 6 mois

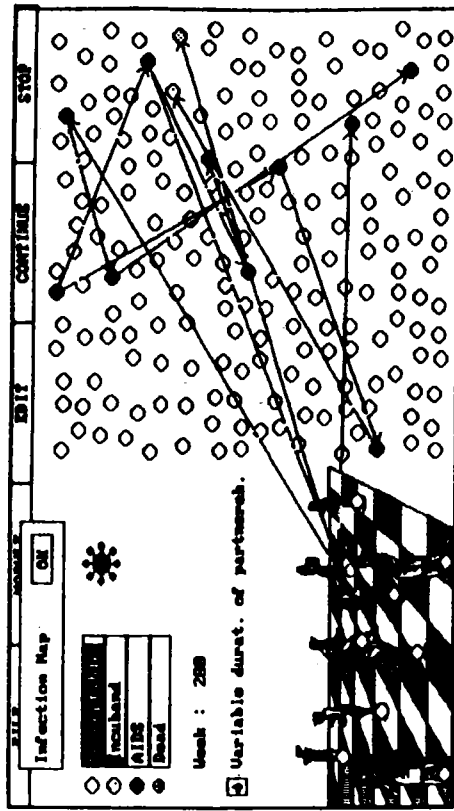
CS durant cette période : 3

Taux d'utilisation d'un préservatif : 50 %

Ceci est donc un type de comportement sexuel. Il faudra en définir huit autres.

Ensuite, il faudra indiquer quel est le pourcentage des individus du microcosme qui présente ce comportement sexuel. Ainsi, on peut décider que la conduite 4 (ci-dessus) est adoptée par 10 % des personnes considérées, mais on aurait pu décider 1 % ou 23 % ou 92 %, etc.

Le total des neuf catégories doit faire 100 %, ce qu'assure le programme en demandant à l'apprenant de manipuler non pas des nombres, mais l'histogramme des 9 types de comportements définis.



Avant de faire démarrer la simulation, il reste à l'apprenant à désigner quelle personne (sur les 200 séro-négatives) va être infectée et, par son comportement, va (ou non) répandre l'épidémie.

Au départ, toutes les 200 personnes sont représentées chacune par un point vert (séronégativité). En cas d'infection par le virus, le point devient jaune (séropositivité), puis orange (ARC), puis rouge (SIDA), puis est remplacée par une croix (décès).

L'apprenant peut arrêter la simulation à tout moment, faire afficher le réseau des relations, le cheminement de la contamination, le récapitulatif des comportements émis jusque là par n'importe laquelle (qu'il désigne) des 200 personnes, des statistiques (histogrammes) et corrélations diverses.

Cette animation peut aussi se faire en groupe (en projetant en grand l'écran de l'ordinateur). Les apprenants peuvent être invités à désigner, dans les 200 participants, des "points" représentant leurs amis.

Les premiers essais ont montré que la simulation donnait un effet de "vécu" qu'il serait difficile d'obtenir autrement. En particulier, les étudiants sont surpris par les développements en 10 ans, fort éloignés de leur prévisions.

Le logiciel applique les probabilités, si bien que les mêmes données ne donnent pas forcément les mêmes résultats dans deux expérimentations successives (il peut y avoir des hasards "heureux" et des hasards "malheureux").

CONCLUSIONS

La formation en sciences balaye pratiquement toutes les capacités humaines (du raisonnement logique aux habiletés motrices). Pour certaines d'entre elles (par exemple, l'interprétation d'observations), elle exige des apprenants qu'ils les exercent avec une grande rigueur. Pour d'autres (par exemple la résolution de problèmes), elle est au premier rang pour relever un ambitieux défi de déploiement de l'intelligence humaine (une des définitions de l'intelligence n'est-elle pas "la capacité de résoudre des problèmes").

Qui pourrait encore croire que, sur tous ces terrains, une seule stratégie puisse satisfaire aux besoins, non seulement en termes de motivation, mais aussi en termes de conditions environnementales nécessaires pour maximiser la diversité des mécanismes d'apprentissage ?

Comme l'art de la médecine ou l'art de l'ingénieur, l'éducation restera toujours un art, car le formateur fait, à chaque fois, une expérience unique, participe à une relation originale (qui n'a jamais eu son équivalent strict et qui ne l'aura plus jamais). Comme ces disciplines, cependant, l'art de la pédagogie devra de plus en plus, dans l'intérêt même de l'apprentissage, s'appuyer de plus en plus sur les apports (heureusement de plus en plus substantiels) des sciences (psychologie de l'apprentissage, éducatrice, informatique, économie, etc.) et des techniques d'analyse et d'intervention.

Cela ne risque-t-il pas de déshumaniser la relation ? Le danger existe. L'antidote aussi : que le professeur, en partie libéré, devienne plus disponible (et plus compétent encore) dans ce qui fait sa spécificité : un apprenant (expert) facilitant l'apprentissage d'autres apprenants (novices).

Car, selon le mot de Fourrastier, "La machine force l'homme à se spécialiser dans l'humain". ◀

BIBLIOGRAPHIE

- Albertini, J.M. (Ed.) (1985), *Les jeunes, l'économie et la Consommation*, Bruxelles : Labor.
- Anderson, J.R. (1983), *The architecture of Cognition*. Cambridge MA : Harvard University Press.
- Asimov, I. (1985), *L'univers de la science*, Paris : Inter Editions.
- Ausubel, D. (1968), *The psychology of meaningful verbal learning*, New York.
- Boxus E. & Mahaux, E. (1987), Pourquoi des didacticiels de simulation sur la poussée d'Archimède, *Organisation des Etudes*, n° 5, mai, 9-30.
- Boxus, E. et Delfosse, P. (1987), L'apprentissage de la méthode expérimentale par des didacticiels d'auto-observation, in *Revue de l'organisation des Etudes*, avril, 3-20.
- Cloutier, J. (1973), *L'ère d'EMEREC ou La communication auto-scripto-visuelle*, Presses de l'Université de Montréal.

Coombs, Milholland et Womer (1956), The assessment of partial knowledge, *Educational and Psychological Measurement*, 16, 13-37.

De Bono, E. (1981), *Five days course on thinking*, London : Penguin Books.

De la Passardière, B. et Baron, G. (1991), *Hypermédiats et Apprentissages*, Actes des premières journées scientifiques, 24-25 septembre 1991, Châtenay Malabry : INRP et MASI (Paris VI), 274 p.

D'Hainaut, L. (1968), *Poids et Masse*, Cours programmé, Paris : Hachette.

Estes, W.K. (1989), Learning Theory, in Lesgold & R. Glaser, *Foundations for a Psychology of Education*, Hillsdale (NJ) : LEA, 1-49.

Fitts, P.W. (1964), Perceptual Motor Skill Learning, in A.W. Melton (Ed.), *Categories of Human Learning*, 243-285, New York : Academic Press.

Jacquart, A. (1982), *Au péril de la science ?*, Interrogation d'un généticien, Paris : Seuil.

Kagan, J. (1965b), Reflection-impulsivity and reading ability in primary grade children, *Children Development*, 36, pp. 609-628.

Leclercq, D., Donnay, J., De Bal, R. (1973), *Construire un cours programmé*, Bruxelles : Labor.

Leclercq, D. (1983), *Confidence Marking, its use in testing*, Oxford : Pergamon.

Leclercq, D. (1986), *La conception des QCM*, Bruxelles : Labor.

Leclercq, D. (1987), *Qualité des questions et signification des scores*, Bruxelles : Labor.

Leclercq, D. et Pierret, D. (1989), A computerized Open Learning Environment to Study Intrapersonal Variations in Learning Styles : DELIN, in Estes, Heene, Leclercq (Eds.), *New Pathways to learning through Educational Technology, Proceedings of the 7th International Conference on Technology and Education (ICTE)*, Orlando : Florida, 268-272.

Leclercq, D. et Boskin, A. (1990), Note taking behaviors studied with the help of hypermedia, in Estes, Heene et Leclercq (Eds.), *Proceedings of the 7th International Conference on Technology and Education*, Brussels.

Leclercq, D. (sous presse), *Auto-évaluation et connaissance partielle*, Bruxelles : De Boeck.

Leclercq, D. (1992), *Introduction à la technologie de l'Education*, STE : Université de Liège.

Leclercq, D. (1991), *Hypermédiats et Tuteurs intelligents : Vers un compromis*, in De la Passardière, B. et Baron, G. (1991), *Hypermédiats et Apprentissages*, Actes des

premières journées scientifiques, 24-25 septembre 1991, Châtenay Malabry : INRP et MASI (Paris VI), 19-35.

Means, B. & Gott, S., Cognitive Task Analysis as a Basis of Tutor Development : Articulating Abstract Knowledge Representations, in *Psotka, J., Massey, L. & Mutter, S. (Ed.), Intelligent Tutoring System : Lessons Learned*, Hillsdale N.J. : LEA, 1988, 35-37.

Norman, D.A. (1982), *Learning and Memory*, San Francisco : Freeman and Co.

Pask, G. (1976b), Styles and strategies of learning, *British Journal of Educational Psychology*, 46, 128-148.

Piaget, J. (1974), *La psychologie de l'intelligence*, Paris : Armand Collin.

Perrét-Clermont, A.N. (1979), *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*, Berne : Lang.

Polya, G. (1945), *Comment poser et résoudre un problème*, Paris : Dunod.

Postman, L. (1976), Methodology of human Learning, in W.K. Estes (Ed.), *Handbook of Learning and Cognitive processes : vol. 3, Approaches to human Learning and Motivation* (11-19), Hillsdale, New Jersey, Laurence Erlbaum Associate.

Paquette, G., Intégration des Hypermédias en milieu scolaire, in De la Passardière, B. et Baron, G. (1991), *Hypermédias et Apprentissages*, Actes des premières journées scientifiques, 24-25 septembre 1991, Châtenay Malabry : INRP et MASI (Paris VI), 197-203.

Richardson, A. (1977), Verbalizer-visualizer : a cognitive style dimension, *Journal of Mental Imagery*, 1, pp. 109-126.

Riding, R.J. & Taylor, E.M. (1976), Imagery performance and prose comprehension in seven-year-old children, *Educational Studies*, 2, pp. 21-27.

Witkin, H.A. (1950), Individual Differences in ease of perception of embedded figures, *Journal of Personality*, 19, pp. 1-15.

Witkin, H.A. (1959), The perception of upright, *Scientific American*, 700, pp. 50-56.

ANNEXE

QUELQUES HEURISTIQUES A CONSEILLER EN RESOLUTION DE PROBLEMES

1. L'apport de Polya et de De Bono

G. Polya (1945, 1954) a consacré plusieurs ouvrages, dont le célèbre "How to solve it", à décrire des heuristiques utiles lors de la résolution de problèmes (voir synthèse dans Leclercq, 1992).

De Bono (1981), lui, insiste sur les "attitudes" de résolution de problème, c'est-à-dire la confiance en soi (y croire), la persévérance (ne pas abandonner), la spontanéité des opérations ("avoir le réflexe de ..."). D'où l'importance non pas de SAVOIR ce qu'il faut faire, mais d'AVOIR VECU des situations de résolution de problèmes.

2. Une analyse en arbre de la résolution du problème

Quand on se livre à une analyse en arbre de "la capacité à résoudre des problèmes de façon SYSTEMATIQUE, on est frappé du parallélisme avec la DEMARCHE SCIENTIFIQUE. Alors que tous les cours devraient contribuer à former à la résolution de problèmes, on comprend pourquoi on attende des cours de sciences qu'ils soient en tête dans ce domaine.

Voici une telle analyse en arbre de ces objectifs :

100 ORGANISER UN TOUT COMPLEXE

110 comprendre l'énoncé du problème

111 lire le texte en entier

112 saisir le sens des mots un par un

la structure (les mots dans leur contexte)

120 Décomposer, symboliser

121 lister les éléments

122 séparer le connu de l'inconnu (éventuellement sérier les problèmes s'il y en a plusieurs)

123 repérer les incohérences, les impossibilités, les erreurs logiques de l'énoncé, les erreurs typographiques

124 schématiser (graphique)

125 symboliser : se donner une notation, au besoin, la créer

130 Comparer et grouper

131 dégager les relations entre éléments

132 grouper les éléments semblables

133 hiérarchiser les inconnues

134 hiérarchiser les données, de la plus à la moins pertinente

140 Recomposer un énoncé organisé

200 EMETTRE DES HYPOTHESES

210 Emettre SPONTANEMENT plusieurs idées sur le sujet

211 évoquer des problèmes apparentés

2111 par leur structure

2112 par leur contenu

220 Parmi les idées énoncées, éliminer le farfelu et l'in vraisemblable

- 230 Formuler les hypothèses
 - 231 évoquer les liens entre inconnues et données
 - 232 porter un jugement sur la vraisemblance
 - 233 organiser les liens en hypothèses explicatives
- 240 Critiquer les hypothèses
 - 241 justifier l'hypothèse par une situation semblable mieux connue
 - 242 choisir l'hypothèse la plus pertinente et la présenter
 - 243 reformuler cette hypothèse en la nuancant, en l'enrichissant sous la forme d'une succession (si variable indépendante - modification - modification ; alors variable indépendante - résultante)
- 300 IMAGINER DES VERIFICATIONS EXPERIMENTALES
 - 310 Avoir l'idée ou vouloir faire soi-même une expérience (par exemple pour vérifier une assertion ou une hypothèse)
 - 320 Décrire un mode opératoire prévoyant
 - 321 les objets sur lesquels on va agir
 - 322 les objets de l'intervention
 - 323 les instruments de mesure
 - 324 la chronologie de l'intervention
 - 325 le mode de notation des observations
 - 330 Prévoir des variations de l'expérience propre à tester la généralisabilité des conclusions (voir les points 321 à 325) et modifier les modes de notation
 - 340 Prévoir quels types de résultats permettraient de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse
 - 350 Tirer des conclusions en cas de confirmation
 - 351 inciter quand même à une remise en cause en cherchant s'il n'y a pas d'autres facteurs qui interviennent
- 400 REALISER DES EXPERIENCES
 - 410 Réunir toutes les composantes matérielles nécessaires
 - 420 Réaliser, dans l'ordre, toutes les opérations nécessaires
 - 430 Répéter l'expérience plusieurs fois
 - 440 Noter correctement les phénomènes observés (noter les effets d'une action (liens entre manipulations et résultats))
- 500 INTERPRETER DES RESULTATS (expliquer les phénomènes observés)
 - 510 Exprimer les liens de causalité découverts entre variables
 - 520 Exprimer le type de relation découverte (proportionnelle, inversement proportionnelle) entre les variables dépendantes et indépendantes
 - 530 Exprimer la relation découverte à l'aide d'une formule précise
- 600 IMAGINER DES APPLICATIONS et des prolongements à des découvertes que l'on a faites. ◀