

Vers un système expert en formation de base

Jan Palkiewicz

université du québec à montréal

L'auteur présente une définition de la formation de base qui implique un modèle interdisciplinaire de référence. Ce modèle, inspiré des travaux de Lonergan (1978) et de Angers (1985), décrit la connaissance selon quatre niveaux d'intégration: niveau empirique, niveau intellectuel, niveau rationnel et niveau décisionnel. L'auteur donne quelques éléments de neurobiologie à l'appui du bien-fondé de ce modèle et dégage une méthodologie générale de pensée et d'action dont il ne développe que la première partie, celle qui se rapporte aux objectifs pédagogiques. La formation de base ainsi envisagée fait appel à de multiples composantes: aussi l'auteur s'interroge-t-il sur la possibilité d'élaborer un système expert qui assisterait les enseignants dans la prise de décision que comporte une telle formation de base.

The author's definition of basic education proceeds from an underlying interdisciplinary model. The model was inspired by the work of Lonergan (1978) and Angers (1985), and describes knowledge at four levels: empirical, intellectual, rational, and decisional. The author proposes a general method of thought and action based on a linkage between certain neuro-biological factors and the model. Some features of the method would have an impact on choices of educational objectives. In light of the method, basic education would comprise many elements. The paper's conclusion explores the feasibility of an expert system that could help basic education teachers take appropriate decisions.

Le concept de formation de base est un concept qui, comme celui d'éducation, d'apprentissage et d'enseignement semble aller de soi. Il a tellement pénétré le langage courant qu'on ne voit pas la nécessité de le définir avant d'en parler. Ainsi, à chaque niveau du système scolaire, on se plaint d'un manque de formation de base des élèves. Non seulement les récriminations sont-elles vives au niveau universitaire, mais on les retrouve dès le premier cycle du primaire. Il semble donc exister en éducation un certain consensus quant à la formation de base. Or, il n'en est rien, au moins en ce qui concerne l'état actuel de la scolarisation obligatoire aussi bien que de la scolarisation post-secondaire. La certitude que paraît afficher le sens commun vient d'une époque, pas très lointaine, où la formation scolaire s'arrêtait à la cinquième ou à la septième année de l'école primaire et où la formation de base équivalait à savoir lire et à savoir calculer. Qu'est-ce donc que la formation de base? S'agit-il de la même formation de base à l'école primaire, à l'école secondaire, au collège d'enseignement général et professionnel (CEGEP) et

à l'université? La formation de base est-elle synonyme de formation générale? Les nouvelles connaissances que nous avons en psychologie, en neurosciences, en intelligence artificielle apportent-elles un nouvel éclairage au concept de formation de base? Pour les décideurs scolaires que sont les concepteurs du ministère de l'Éducation du Québec, les directeurs d'école, les professeurs et les enseignants, la formation de base exige-t-elle, à l'heure actuelle, une certaine expertise? Si oui, un système expert comme ceux que possèdent déjà les décideurs dans la plupart des domaines de l'activité humaine, apporterait-il une aide significative? Quelles devraient être les grandes lignes d'un tel système expert? Ce sont là les questions auxquelles nous voudrions répondre dans cet article.

Dans les lignes qui suivent, nous analyserons le concept de formation de base, puis, nous examinerons un modèle fonctionnel des opérations mentales d'une personne en formation et, enfin, nous nous arrêterons sur certaines conditions de la formation de base dont la complexité justifiera le recours à un système expert.

LA FORMATION DE BASE: ESSAI DE DÉFINITION

D'après Goguelin (1970), auteur d'un ouvrage sur la formation continue des adultes, il est possible de dégager cinq sens au mot formation:

action par laquelle une chose se forme; action de former, d'organiser, de constituer; la manière dont une chose est formée; le résultat de l'action de former; le résultat de l'action par laquelle une chose se forme. (p. 5)

Selon la Commission d'étude sur la formation des adultes (1982), la formation de base est:

la formation permettant l'acquisition des outils fondamentaux nécessaires aux adultes pour l'exercice de leurs divers rôles sociaux et pour la poursuite d'études ultérieures. (p. 95)

Pour le Comité de terminologie en éducation du Québec (1985) c'est:

la formation permettant d'acquérir les connaissances et de développer les aptitudes ou les habiletés considérées comme essentielles à l'approfondissement de ces connaissances ou à l'acquisition d'autres connaissances, ou permettant de développer des habiletés dans un domaine donné. (p. 76)

Ces définitions insistent sur le caractère instrumental de la formation de base dans l'acquisition des connaissances et le développement des habiletés. Elles ne disent rien au sujet du mécanisme de la formation elle-même. S'agit-il de

certains éléments de connaissance qui, à l'instar des lettres d'un alphabet, permettraient de bâtir des mots et des phrases d'une connaissance générale? S'il en est ainsi, quelles sont ces connaissances élémentaires? À quel moment du processus d'apprentissage quitte-t-on la formation de base pour entreprendre la formation générale? Il existe une autre façon d'envisager le caractère instrumental de la formation de base. Avoir une bonne formation de base, c'est posséder une méthode de pensée et d'action assez générale pour qu'elle puisse servir dans plusieurs disciplines, à différents niveaux du développement. Autrement dit, la formation de base devrait être interdisciplinaire en recourant à un cadre de référence unique qui permettrait l'utilisation d'un même langage. Cette formation de base devrait, en outre, être transdisciplinaire par le développement d'un ensemble d'habiletés nécessaires à toutes les disciplines. Nous pourrions donc définir la formation de base comme: *une instrumentation mentale dynamique constituée de schèmes fonctionnels articulés en une méthode générale de pensée et d'action.*

La formation de base ainsi définie se distingue de la formation générale en ce qu'elle est un outil de développement de cette dernière. Elle l'accompagne à tous les niveaux de la formation. La formation générale est caractérisée par l'acquisition de savoir, de savoir-faire et de savoir-être dans les quatre domaines: a) des langues et de la littérature; b) des mathématiques et des sciences de la nature; c) des sciences humaines comme l'histoire, la géographie, la philosophie, l'économie; d) des arts et des techniques. Quand la formation se fait surtout dans un domaine, nous parlons alors de formation spécialisée.

LE MODÈLE FONCTIONNEL DES OPÉRATIONS MENTALES: CADRE DE RÉFÉRENCE INTERDISCIPLINAIRE

L'acquisition d'une méthode générale de pensée repose sur une certaine vision du fonctionnement mental de la personne humaine. Le modèle auquel nous nous référons fait appel au paradigme ROS et au modèle fonctionnel des opérations mentales de Angers (1985) et de Lonergan (1978). Le paradigme ROS, inspiré des travaux de Kozielecki (1977), stipule que l'homme cherche continuellement à donner un sens (S) au monde extérieur qui l'entoure et au monde intérieur de sa personnalité. Pour assurer la cohérence de sa vie avec le sens qu'il lui donne, l'homme construit mentalement des représentations (R) qui lui permettent de s'adapter et de se dépasser. L'élaboration des représentations se fait au moyen d'une série d'opérations mentales (O). Toute sa vie, l'homme cherche à atteindre des objectifs qui ont pour lui une signification. Les gratifications biologiques ne sauraient à elles seules le satisfaire (Hill, 1970). Selon Atlan (1974),

Ces mécanismes de fabrication de sens là où il n'y en avait pas . . . obéissent à une logique de l'apprentissage adaptatif qui semble enracinée dans les principes mêmes de l'organisation biologique en tant qu'il s'agit d'auto-organisation. (p. 197)

Angers (1985) et Lonergan (1978) proposent un modèle fonctionnel des opérations mentales comprenant une fonction de saisie des données, une fonction de mise en relation de ces données, une fonction de transformation des données et une fonction d'intégration des données en schèmes d'action et de décision. Angers et Lonergan donnent à ces fonctions le nom de connaissances et ils distinguent:

la connaissance empirique, la connaissance intellectuelle, la connaissance rationnelle et la connaissance responsable. (Angers, 1985, pp. 211-219)

La connaissance, selon Angers et Lonergan, comporte des opérations multiples et différenciées. Ces opérations sont intentionnelles et conscientes: elles sont successives et reliées et elles forment une structure dynamique. Au premier niveau, il y a les opérations de l'expérience: opérations des sens comme voir, toucher ou entendre et opérations de la conscience comme éprouver un sentiment ou une émotion. C'est le niveau de la connaissance empirique. Au deuxième niveau, il y a les opérations de la compréhension ou de la connaissance intellectuelle. Au troisième niveau, celui de la connaissance rationnelle, nous trouvons les opérations de la réflexion critique, comme vérifier, évaluer, juger ou énoncer un jugement. Enfin, au quatrième niveau, celui de la connaissance décisionnelle responsable, il y a les opérations de délibération, de choix, de décision et d'exécution.

Ces connaissances sont des structures résultantes des échanges entre le système neuronal central (SNC) et l'environnement. La structuration interne est la résultante de deux composantes distinctes: d'une part, la structure globale prédéterminée génétiquement qui représente l'infrastructure, et, d'autre part, le développement de structures épigénétiques sous l'influence de l'environnement externe et interne. Ceci suppose un équilibre dynamique métastable dans les échanges d'information entre le SNC et le milieu (Paillard, 1985). Selon une telle conception, un équilibre métastable correspond à un niveau d'excitation interne minimum. L'excitation vient du conflit entre deux structures de même niveau dans une même zone fonctionnelle. L'une d'elles sera inhibée, parce que moins adaptée à un nouvel environnement; l'autre se stabilisera. L'interaction entre les différentes fonctions est représentée à la figure 1.

Au centre de la figure 1 se trouve le noyau génétique dont le développement se fait selon quatre stades (Piaget, 1955). Ce développement génétique est une condition nécessaire au développement des schèmes fonctionnels épigénétiques de la connaissance empirique, de la connaissance intellectu-

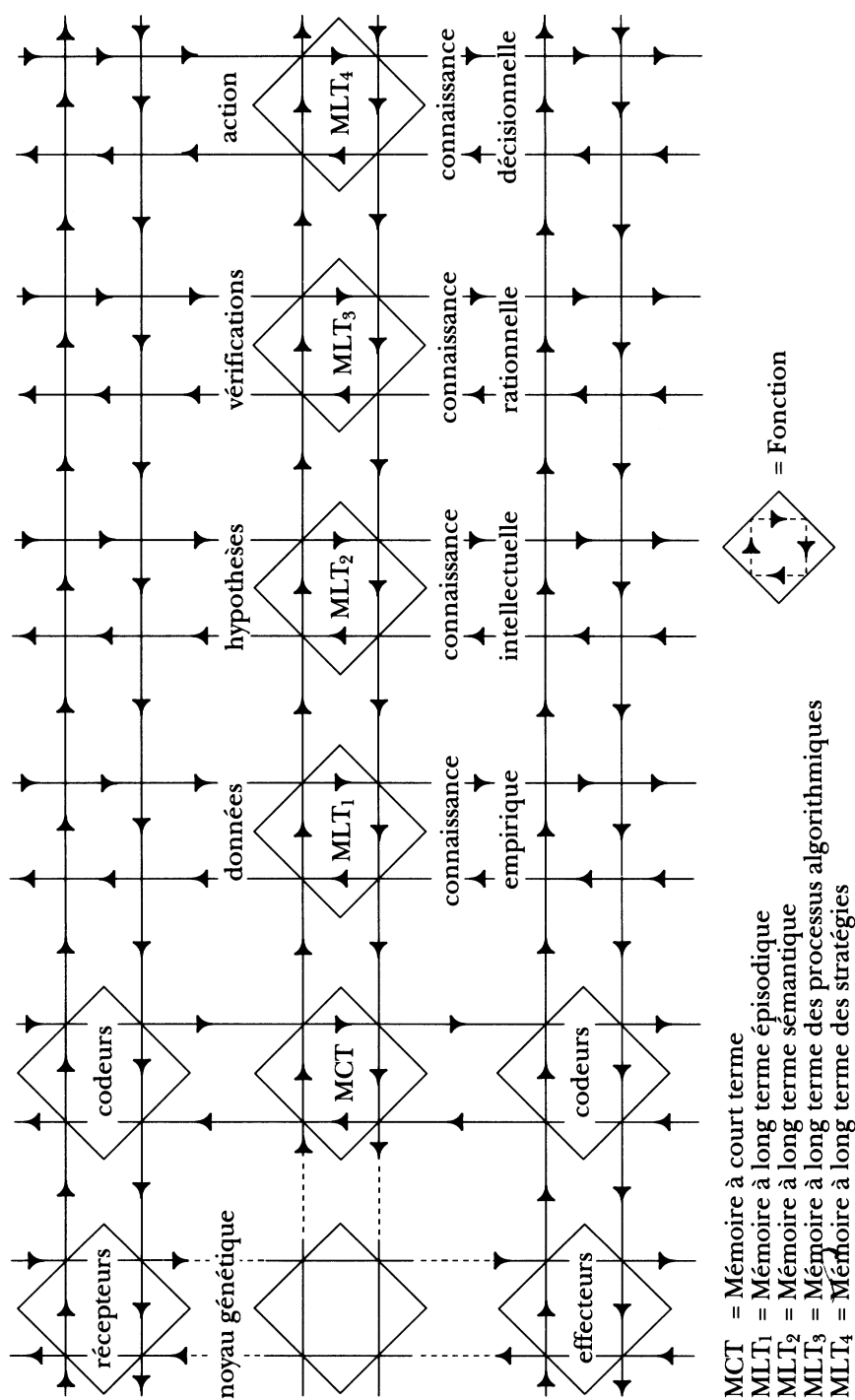


FIGURE 1

Modèle fonctionnel des opérations mentales de traitement de l'information

elle, de la connaissance rationnelle et de la connaissance décisionnelle. Il existe une voie hiérarchique de relations entre les schèmes constitués par des réseaux parallèles, allant de la connaissance empirique à la connaissance décisionnelle en passant par la connaissance intellectuelle et la connaissance rationnelle (Angers, 1985; Lecerf, 1985). Il existe aussi une voie non-hiérarchique pouvant court-circuiter la première et qui expliquerait les caractéristiques de l'intuition (Angers, 1985; Goldbey, 1983). À chacun des schèmes est associée une mémoire constituée de boucles de rétroactions (Paillard, 1985). Chaque passage d'un schème à un autre traduit une intégration de l'information. C'est la convergence du parallélisme du traitement des informations dans les multiples zones fonctionnelles et de la structure récursive qui confère au modèle sa capacité de développer des images qui sont l'expression d'événements internes au réseau et des événements externes (Lecerf, 1985).

Pour traiter l'information, nous disposons, selon Pouchkine (1971), d'un double langage: un de ces langages (Ls) se compose de symboles et des relations entre ces symboles. Les méthodes d'utilisation des symboles sont définies; il en est de même de l'ensemble des relations entre les symboles. C'est à l'aide de ce langage que sont construits les schèmes logiques. Le second langage (Lm) se compose des signes des objets du monde extérieur et des signes permettant de bâtir à l'intérieur du sujet une représentation analogue de l'arrangement statistique des différents objets. Ce langage dynamique des analogies permet de découvrir de nouvelles propriétés dans les éléments de l'environnement et d'établir des relations encore inconnues. Ces analogies avec leurs relations constituent des représentations. L'ensemble de ces représentations caractérise le second langage. Il permet d'ouvrir la dynamique de la création de nouvelles relations. Ce langage ne peut cependant confirmer les résultats de l'activité mentale car il n'apparaît que dans le passage du potentiel à l'acte. Lm ouvre, montre les propriétés, les relations, les liens; Ls les formule, les établit, détermine la suite dans un schème. Les deux langages sont complémentaires. Sans Lm, l'homme serait très efficace mais non créatif; sa conduite serait entièrement déterminée. Il serait semblable à la machine électronique.

Les données expérimentales (Pouchkine, 1971) permettent d'avancer que le langage Lm obéit à un système hiérarchique à plusieurs niveaux. À un premier niveau, lié aux éléments du monde extérieur, il accomplit le processus de construction des représentations. La principale caractéristique des représentations de ce niveau est qu'elles possèdent potentiellement l'ensemble des caractéristiques de telle ou telle situation concrète. Au deuxième niveau, les représentations construites précédemment se mettent en relation avec les représentations déjà existantes dans la mémoire. Dans cette opération, le nombre des propriétés des premières représentations est

réduit, mais ce qui reste est davantage orienté vers la réalisation des buts du sujet. Au troisième niveau, ne subsiste que le langage des relations, ce qui donne à la représentation très peu de propriétés primitives: c'est le niveau de l'abstraction. Enfin au dernier niveau, les stratégies d'action s'élaborent à partir des relations construites au niveau précédent. C'est sur la base de ce modèle des opérations mentales que nous pouvons esquisser les grandes lignes de la méthode générale de pensée qui constitue, selon nous, la principale caractéristique d'une formation de base.

MÉTHODE GÉNÉRALE DE PENSÉE ET D'ACTION

La méthodologie générale de pensée et d'action qu'on pourrait assimiler à une méthodologie du travail intellectuel transdisciplinaire est une démarche à caractère très général qui comprend: a) une taxonomie des objectifs pédagogiques exprimant des opérations mentales auxquelles sont associées des habiletés correspondantes; b) une appropriation métacognitive de ces objectifs; c) l'expression orale ou écrite de cette appropriation. Nous pensons qu'une telle taxonomie, pour être transdisciplinaire, devrait répondre à quatre préoccupations majeures: a) s'insérer dans le développement génétique de la pensée; b) former à la résolution de problèmes; c) former à la prise de décision; d) former à la démarche et à la pensée scientifique.

La formation de base est une structuration épigénétique qui doit s'articuler autour de l'évolution naturelle de la structuration génétique dont la phase terminale est le développement de la pensée formelle ou du raisonnement hypothético-déductif. Selon Piaget (1955), avec la pensée formelle, une inversion de sens s'opère entre le réel et le possible: le réel se subordonne au possible; les faits sont conçus au sein d'un univers de transformations possibles et ne sont admis qu'après vérification portant sur l'ensemble des hypothèses possibles, compatibles avec la situation donnée. La pensée tend donc vers un équilibre à travers des phases comportant une recherche de faits (réels ou possibles), une mise en relation de ces faits sous forme hypothétique, une phase de vérification par des opérations de transformation et, enfin, une phase de décision quant à l'acceptation ou au rejet des hypothèses.

Ce pattern en quatre phases nous apparaît être la structuration nécessaire d'une formation de base. Nous le retrouvons dans la résolution de problèmes, la prise de décision et la pensée scientifique. La résolution de problèmes est souvent considérée comme la démarche type de l'être humain. Toute son existence se résume en résolutions de problèmes. Dans les tâches fermées, il a recours à des algorithmes et, dans les tâches ouvertes, il fait appel aux heuristiques. Or, ces dernières comportent, en général, quatre phases (Collin, 1981): identification des données, compréhension des données par

leur mise en relation, transformation des données et décision quant au choix de la solution retenue. La prise de décision, qu'il s'agisse de celle de l'homme économique, de l'homme administrateur ou de l'homme social (Proulx, 1983), comporte elle aussi quatre phases:

identification des possibilités de choix; détermination hypothétique des conséquences de chaque choix; attribution raisonnée d'une valeur à chaque conséquence; choix de la possibilité dont la somme des valeurs est la plus élevée. (p. 44)

Ces quatre phases sont analogues à celles de la résolution de problèmes et de la démarche de la pensée humaine, qu'elle s'effectue au stade concret ou au stade formel. Enfin, la démarche scientifique comporte, elle aussi, une étude des données par l'observation ou la documentation, l'énoncé d'hypothèses, soit par l'induction expérimentale, soit par la déduction, deux formes complémentaires de raisonnement et, en dernier lieu, une décision quant au choix des résultats obtenus.

La taxonomie des objectifs pédagogiques de la formation de base comprend quatre niveaux. Au premier niveau, celui de la connaissance empirique, la formation de base est centrée sur l'étude des faits (Leroy, 1975). Cette étude se fait par observation, par documentation et par l'expérience vécue. Les opérations mentales privilégiées à ce niveau sont celles qui demandent à l'élève d'*identifier*, de *nommer*, de *décrire*, et de *mémoriser* les faits observés, les faits trouvés dans la documentation, les faits saisis dans l'expérience vécue. Au second niveau, celui de la connaissance intellectuelle, la formation de base est centrée sur l'organisation des faits, sur leurs relations et sur leur interprétation. Les opérations mentales privilégiées à ce niveau sont celles qui demandent à l'élève de *classer*, d'*ordonner*, de *relier*, de *structurer*, d'*interpréter*, et de *transposer* les faits observés, les faits trouvés dans la documentation et les faits de l'expérience réfléchie (Kolb, 1984). Au troisième niveau, celui de la connaissance rationnelle, la formation de base est centrée sur le raisonnement, sur la conceptualisation, la généralisation des faits observés et des faits trouvés dans la documentation. Les opérations mentales privilégiées à ce niveau sont celles qui demandent à l'élève d'*analyser*, d'*inférer*, de *déduire*, de *juger* et de *généraliser* les faits observés, interprétés et organisés. Au quatrième niveau, celui de la connaissance décisionnelle, la formation de base est centrée sur la décision au sujet des faits observés, interprétés et jugés. Les opérations mentales privilégiées à ce niveau sont celles qui demandent à l'élève de *construire*, de *décider*, d'*anticiper*, de *solutionner* des problèmes, de *simuler* des situations et de *prendre des responsabilités*.

La réalisation des objectifs pédagogiques ainsi articulés ne constitue qu'un des aspects de la méthode générale de pensée et d'action. Pour s'assurer d'une formation de base dynamique, l'élève doit prendre conscience des opérations mentales sous-jacentes aux objectifs mentionnés plus haut:

Dans l'intention d'utiliser au mieux ses opérations, l'apprenant a tout avantage à les discerner en lui-même et à se les rendre familières par une connaissance systématique à laquelle il peut parvenir grâce à une démarche d'appropriation. (Angers, 1985, p. 61)

L'appropriation de soi consiste à prêter attention à sa propre activité, à la comprendre, à la vérifier par la réflexion critique et à décider de son orientation. C'est donc appliquer à soi-même et à son activité intellectuelle la taxonomie des objectifs pédagogiques. Comme l'affirme Angers (1985),

À la réflexion, on constate que l'appropriation de ses opérations cognitives n'est rien d'autre, en réalité, qu'une formation que chacun se donne et qui consiste à se rendre maître de ses propres moyens de pensée et d'action. (p. 62)

Cet aspect de la formation de base est développé actuellement sous le terme de métacognition. Ce concept fait en général référence à deux types d'activités distinctes: celles portant sur la connaissance qu'un individu peut avoir de ses ressources et de ses activités cognitives (savoir métacognitif) et celles portant sur le contrôle qu'il peut exercer sur ses apprentissages de nature cognitive (auto-régulation) (Bondy, 1984; Brown, 1978; Flavell, 1979; Lefebvre-Pinard, 1980). Enfin, la formation de base, pour être complète, demande l'expression orale et écrite de l'appropriation dont nous avons parlé plus haut. Cette expression est une stabilisation des schèmes fonctionnels créés à chacun des quatre niveaux de la connaissance (Changeux, 1983).

Pour s'assurer que cette méthode générale de pensée et d'action est véritablement une formation de base instrumentant l'élève en vue d'une formation générale équilibrée, il faudrait passer, une à une, les disciplines et confronter les résultats des recherches s'y rapportant avec nos hypothèses. Cet exercice dépasserait le cadre de cet article. Mais, à titre d'exemple, nous nous référons aux travaux de Larkin et de Mayer (1984) en mathématiques et à ceux de Choul (1982) en linguistique. Comparant les performances dans la résolution de problèmes de mathématiques des experts à celle des novices, Larkin et Mayer (1984) constatent que la différence réside au niveau de la connaissance. Or, cette connaissance, d'après ces auteurs, est articulée selon quatre niveaux: a) celui de la connaissance factuelle; b) celui de la connaissance des schèmes ou de la compréhension; c) celui de la connaissance stratégique ou de la planification organisationnelle et, enfin, d) celui de la connaissance algorithmique ou de la connaissance d'exécution (Larkin et Mayer, 1984, p. 235). La vision de ces auteurs rejoint parfaitement les quatre niveaux de notre méthode générale de pensée et d'action. Pour sa part, Choul (1982), analysant le traitement de l'information dans un modèle de la lecture, distingue, lui aussi, quatre niveaux: a) celui du signal; b) celui du signe permettant la compréhension; c) celui du référentiel et, d) celui de la

signification. Les deux derniers niveaux permettent l'interprétation (Choul, 1982, p. 60). Les explications que donne cet auteur du modèle de lecture rejoignent notre vision de la formation de base comme instrumentation à la lecture humaine.

La méthode générale de pensée et d'action ne doit pas être envisagée comme un cours à ajouter aux cours déjà existants tels que le français ou les mathématiques. Cette méthode doit être intégrée aux cours. Elle est une autre manière de les envisager et de les structurer. La connaissance du fonctionnement mental et l'articulation des contenus actuels des cours en schèmes fonctionnels selon les quatre niveaux de connaissance est une affaire d'experts et de spécialistes. Voilà pourquoi il est nécessaire de recourir à un système expert en formation de base.

LE SYSTÈME EXPERT EN FORMATION DE BASE

Les systèmes experts connaissent actuellement un très grand développement. Aux 7èmes Journées Internationales sur les systèmes experts et leurs applications, tenues à Avignon (France), en mai 1987, plus de 1 500 participants venant de trente pays ont présenté au-delà de quatre cents propositions couvrant presque tous les domaines de l'activité humaine. Malheureusement, l'éducation en tant que telle était absente. Bien sûr, on peut alléguer que parler de la représentation des connaissances, de la linguistique ou de l'apprentissage acoustico-phonétique c'est parler d'éducation. Mais il s'agit là d'une association bien lointaine. De quoi s'occupent donc les systèmes experts?

Les systèmes experts sont étroitement liés à l'intelligence artificielle. Les chercheurs ont essayé, dès les années 1960, de simuler les processus de raisonnement par des méthodes générales de résolution de problèmes. Cependant, malgré certains programmes spécifiques, cette stratégie n'a pas donné les résultats attendus. Aujourd'hui, les chercheurs ont compris que la résolution de problèmes repose sur la connaissance que possède un système et non seulement sur la formalisation des schèmes qu'il utilise. Deux questions préoccupent donc les spécialistes des systèmes experts: la représentation des connaissances mises en oeuvre par l'expert et celle de la simulation de ses raisonnements. L'approche la plus courante et aussi la plus simple est celle des règles de *production*. Selon ce formalisme, les connaissances sont exprimées par une collection de règles de type: si conditions, alors conclusions. Les conditions comme les conclusions expriment des faits portant sur un modèle de la réalité concernée. Dans de tels systèmes, le raisonnement effectué par un moteur d'inférence, qui de manière cyclique, confronte l'ensemble des règles à l'ensemble des faits considérés comme vérifiés et réunis dans une base de faits. Toutes les activités intellectuelles ne sont pas

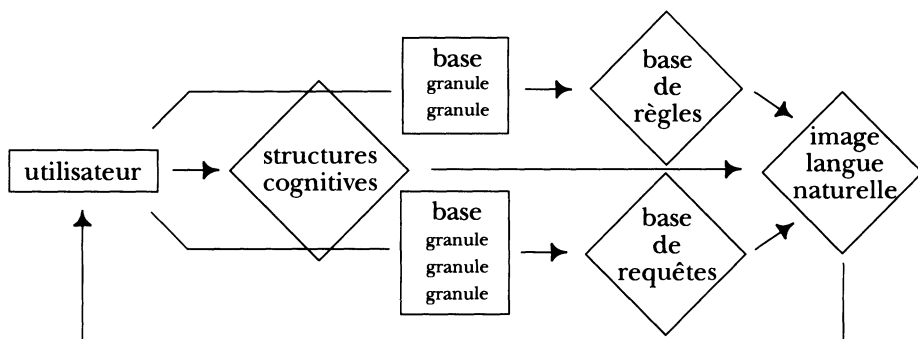


FIGURE 2

Vue d'ensemble du système expert Déredec

également susceptibles d'être simulées à l'aide d'un système expert. Ordinairement, les applications se répartissent en dix catégories (Vandeginste, 1986): interprétation, prédiction, diagnostic, conception, planification, monitoring, dépannage, réparation, formation et contrôle. Ces notions empiètent les unes sur les autres mais exigent, en général, une haute spécialisation. La formation de base peut-elle être considérée comme un problème très spécifique, exigeant une haute expertise?

La formation de base est une spécialité qui exige la connaissance de l'état du développement mental génétique de l'élève au moment de l'intervention, la connaissance des développements épigénétiques à susciter, la connaissance des structures instructionnelles les plus appropriées à utiliser en concomitance avec des média dont la forme de représentation correspond au niveau de développement cognitif de l'enfant ou de l'adulte. Il nous faudrait donc constituer, à partir des données des recherches et de l'avis des spécialistes en éducation, une banque de connaissances, doublée d'une banque de faits qui seraient des indicateurs de l'état de la formation de base; les deux banques devraient être reliées à un moteur d'inférence qui nous permettrait d'appliquer des règles de conduite à partir de faits. Bien entendu, la décision finale et responsable devrait toujours appartenir à l'éducateur. Mais cette décision pédagogique, à l'instar de la décision médicale (Israël, 1980), ne serait plus une décision arbitraire, mais prise dans le plus grand respect des formés et des formateurs eux-mêmes.

Le système *Déredec-expert* (voir figure 2), développé par une équipe de l'Université du Québec à Montréal (Paquin, 1987), semble convenir à nos besoins. Il offre un environnement informatique pour générer des systèmes experts dans les domaines de la planification, de la classification et du diagnostic. Il confie à l'expert lui-même l'ingénierie de la connaissance

afférente à sa spécialité. Il ne demande aucune connaissance spéciale d'un quelconque langage de programmation. Seule une compréhension minimale de son mode d'organisation est nécessaire pour en exploiter toutes les possibilités. Il se compose de trois modules: un module des structures cognitives, un module de base des règles et un module de base des requêtes. Quand son visionnement est requis, le programme fait appel à un module *image langue naturelle* qui dépose une traduction lisible dans une fenêtre d'édition permettant la manipulation du contenu.

La logique du *Déreded-expert* exige la définition des structures cognitives de l'expertise avant d'aborder l'écriture des règles et des requêtes. Or, l'expertise dans la formation de base repose sur la connaissance du développement actuel des structures génétiques (les schèmes piagétien) d'un sujet donné, la connaissance de la structure de la discipline enseignée et, enfin, la connaissance des structures épigénétiques fonctionnelles correspondant à l'état des structures génétiques considérées et de la structure instructionnelle envisagée. Dans l'état actuel de nos connaissances pédagogiques, nous ne possédons pas encore une telle banque de connaissances. Le système expert *Déreded* admet des requêtes qui sont le regroupement de faits relatifs à un problème. Enfin, il existe dans le système un moteur d'inférence; son mécanisme invoque, une à une, les règles d'une expertise donnée pour apparier chacun des filtres (faits hypothétiques) aux faits correspondants. Si ces appariements réussissent, la règle sera déclenchée, c'est-à-dire que les actions de sa conclusion seront exécutées. Lorsque le moteur d'inférence a invoqué toutes les règles, le cycle s'arrête. Le système *Déreded* présente d'autres particularités qu'il n'est pas nécessaire de rapporter ici. Le problème n'est plus, aujourd'hui, dans le système, mais dans l'identification des experts capables d'alimenter le système en connaissances, en faits et en règles relatifs à la formation de base telle que nous l'avons définie plus haut.

CONCLUSION

Les considérations que nous avons faites sur la formation de base nous ont conduit à envisager l'élève comme un ensemble de structures génétiques prédéterminées sur lesquelles se greffent des structures épigénétiques. Au moyen de ces structures et des opérations mentales qu'elles impliquent, l'élève se constitue un modèle du monde extérieur et du monde intérieur, mais un modèle orienté vers un sens et une signification. Cette incessante construction repose sur un ensemble de structures fonctionnelles élaborées méthodiquement que nous appelons formation de base et qui permet d'acquérir une formation générale de plus en plus vaste et de plus en plus diversifiée. L'élaboration de cette formation de base et la conscience que l'élève en a ne dépend pas seulement de lui, mais aussi du formateur. Cette

démarche exige de nombreuses connaissances de haute expertise. Elle est donc du domaine des systèmes experts et elle apporterait une aide précieuse aux éducateurs, si elle était mise à leur disposition dans la préparation de leurs cours.

RÉFÉRENCES

- Angers, P. (1985). *De l'expérience à l'intuition*. Montréal: Bellarmin.
- Atlan, H. (1974). Conscience et désirs dans les systèmes auto-organiseurs. In E. Morin & M. Piattelli-Palmarini (Éd.), *L'unité de l'homme: le cerveau humain* (pp. 187-203). Paris: Éditions du Seuil.
- Bondy, E. (1984). Thinking about thinking. *Childhood Education*, 60, 234-238.
- Brown, A. (1978). Skills, plans, and self-regulation. In Robert S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* (pp. 3-37). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Changeux, J. P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris: Fayard.
- Choul, J. C. (1982). Le traité de l'information dans un modèle de la lecture. *Revue canadienne des sciences de l'information*, 7(6), 57-68.
- Collin, F. (1981). *Les heuristiques*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec.
- Comité de terminologie en éducation du Québec. (1985). *Terminologie de l'éducation*. Québec: Ministère de l'Éducation.
- Commission d'étude sur la formation des adultes. (1982). *Apprendre: une action volontaire et responsable*. Montréal: Éditeur officiel du Québec.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Goguelin, P. (1970). *La formation continue des adultes*. Paris: Presses universitaires de France.
- Goldbey, P. (1983). *L'intuition*. Montréal: Éditions de l'Homme.
- Hill, J. (1970). *The educational sciences: A proposed conceptual framework for education*. Oakland, CA: Community College Press.
- Israël, L. (1980). *La décision médicale: essai sur l'art de la médecine*. Paris: Calmann-Levy.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kozielecki, J. (1977). Decision theory and an operational model of man. *Polish Psychological Bulletin*, 8, 127-137.
- Larkin, J. H., & Mayer, R. E. (1984). A cognitive analysis of mathematical problem-solving ability. In Robert J. Sternbey (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 278-279). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lecerf, C. (1985). Un modèle incrémental et récursif des images mentales. In *Cognitiva 85: de l'intelligence artificielle aux biosciences* (pp. 746-749). Paris: Centre d'Études des systèmes et des Techniques avancées.
- Lefebvre-Pinard, M. (1980). Existe-t-il des changements cognitifs chez l'adulte? *Revue québécoise de psychologie*, 1, 58-69.
- Leroy, G. (1975). *La conquête de l'environnement: l'étude des faits*. Bruxelles: Éditions A. de Boeck.
- Lonergan, B. (1978). *Pour une méthode en théologie*. Montréal: Fides.
- Paillard, J. (1985). Intelligence artificielle et neurosciences. In *Cognitiva 85: de l'intelligence artificielle aux biosciences* (Addenda). Paris: Centre d'Études des systèmes et des Techniques avancées.

- Paquin, L. C. (1987). Environnement informatique pour la génération de systèmes experts. In *Avignon 87: les systèmes-experts et leurs applications* (pp. 61–79). 7èmes Journées Internationales.
- Piaget, J. (1955). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Paris: Presses universitaires de France.
- Pouchkine, W. N. (1971). *Psychologie et cybernétique*. Moscou: Éditions scolaires et pédagogiques.
- Proulx, R. (1983). *Effets de la représentation arborescente sur la performance des adultes dont le mode de pensée opératoire est non formel en situation de prise de décision*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Montréal.
- Vandeginste, P. (1986). Les applications des systèmes experts. *Recherche*, 182, 1414–1427.

Die Definition des Autors von grundlegender Bildung geht von einem zugrundeliegenden interdisziplinären Modell aus, das von Lonergan (1978) und Angers (1985) angeregt wurde, und beschreibt Wissen auf vier Ebenen: empirisches, intellektuelles, rationales und entscheidungsgebundenes. Da gewisse neuro-biologische Faktoren das Modell untermauern, beinhaltet es eine allgemeine Denk- und Handlungsmethode. Einige Grundzüge der Methode würden einen bei der Auswahl bildungsbezogener Zielsetzungen beeinflussen. Zum Beispiel würde grundlegende Bildung als zahlreiche Elemente umfassend angesehen werden. Die Schlußfolgerung untersucht die Anwendbarkeit eines sachgemäßen Systems, das Lehrern, die im Bereich grundlegender Bildung arbeiten, Hilfestellung, leistet, eine angemessene Entscheidung zu treffen.

La definición del autor con respecto a la educación procede de un modelo subyacente e interdisciplinario inspirado en Lonergan (1978) y Angers (1985), y describe el conocimiento en cuatro niveles: empírico, intelectual, racional y decisonal. El hecho que ciertos factores neuro-biológicos sostienen el modelo, implica un método general de pensamiento y de acción. Algunos rasgos del método podrían influenciar nuestras decisiones con respecto a objetivos educacionales. Por ejemplo, la educación básica podría ser considerada como conteniendo muchos elementos. La conclusión explora la posibilidad de un sistema experto para ayudar a los enseñantes de educación básica a tomar decisiones apropiadas.

Jan Palkiewicz est professeur au Département des sciences de l'éducation, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Succursale A, Montréal, Québec H3C 3P8.