

Résolution de problèmes, autorégulation et apprentissage

Hélène Poissant
université laval

Bruno Poëllhuber
cégep de sherbrooke

Mireille Falardeau
cégep de granby-haute yamaska

L'objectif principal de cet article consiste à définir ce qu'est un problème et les différentes étapes de sa résolution. Nous insisterons aussi sur la composante d'autorégulation inhérente au processus de résolution de problèmes. Bien que le terme d'autorégulation ait ses origines dans les théories de la métacognition, il peut être rapproché de l'étape d'évaluation et de surveillance développée dans le cadre des théories de la résolution de problèmes. Cette composante nous paraît cruciale puisqu'elle permet une remise en cause constante des actions de l'apprenant. Sa maîtrise permet de rendre celui-ci plus autonome à l'égard de ses apprentissages.

We argue that problem solving is, in part, self-regulating. Although metacognitive theory may have encouraged this view, autoregulation is, practically speaking, linked to the evaluative state of problem solving. Because it repeatedly encourages learners to review their choices and actions, autoregulation helps them to become autonomous.

INTRODUCTION

Un des buts de l'éducation consiste à faire acquérir des *connaissances* qui seront réutilisables éventuellement dans divers contextes. De façon plus ou moins explicite, on espère aussi que les *habiletés* développées en classe serviront ultérieurement et que l'apprenant développera la maîtrise des principes qui gouvernent son propre apprentissage. Pourtant, il est possible de constater que peu de ces compétences sont effectivement enseignées en classe. En effet, bien que certains programmes, souvent américains ou d'inspiration américaine, comme l'*Odyssey* de Adams (1989), le *PIE* de Feurstein, Rand, Hoffman et Miller (1980), le *Guided design* de Wales, Nardi et Stager (1987), le *CoRT* de De Bono (1973), l'*API* de Audy (1989) existent depuis déjà plusieurs années, ceux-ci n'ont pas réellement atteint la clientèle régulière et ont été le plus souvent utilisés auprès d'élèves spéciaux.

Un récent courant axé sur l'enseignement stratégique tente de corriger cette situation en concevant l'apprentissage comme un processus actif de construction des savoirs (Pallascio, 1992; Tardif, 1992). Aussi la mémoire à long terme de chaque apprenant est-elle mise à contribution par l'appel à ses connaissances antérieures. Contrairement aussi aux programmes précédents qui insistent encore surtout sur l'acquisition d'*habiletés cognitives spécifiques*, l'enseignement stratégique met l'accent également sur les *stratégies métacognitives*.

MÉTACOGNITION ET RÉSOLUTION DE PROBLÈMES

Le terme de *métacognition* est apparu dans les écrits scientifiques aux alentours des années 1975. Depuis, il a donné lieu à l'éclosion de plusieurs cadres théoriques, dont ceux qui intègrent le concept d'*autorégulation*, illustrés surtout par les derniers développements de l'*école piagétienne*. Le concept de métacognition est généralement utilisé à la fois pour désigner le *savoir* portant sur la cognition et la *régulation* de celle-ci (Brown, 1987; Flavell, 1979; Sternberg et Davidson, 1986).

La plupart des connaissances métacognitives concernent des interactions entre différentes variables, par exemple, la *personne*, la *tâche* et les *stratégies* (Flavell, 1979; Pinard, Lefebvre-Pinard et Bibeau, 1989). L'aspect régulation repose plutôt sur ce que Flavell (1981) a appelé des *expériences métacognitives*, c'est-à-dire sur des pensées, des impressions ou des sentiments qui surgissent lors d'une entreprise cognitive. Ces expériences ont surtout tendance à survenir lorsqu'un individu est aux prises avec un problème (Bouffard-Bouchard, 1987; Flavell, 1979; Lefebvre-Pinard et Pinard, 1985). En tant que prises de conscience, ces expériences constituent une forme de rétroaction interne qui renseigne la personne sur la valeur et l'état de progression de sa démarche. La composante autorégulation peut en conséquence être conçue comme une sorte de *savoir en action*.

Les récentes applications des principes de la métacognition dans le domaine de l'apprentissage démontrent qu'il n'est pas suffisant d'enseigner des stratégies de solution de manière isolée. Pour que celles-ci deviennent transférables à d'autres contextes, les apprenants doivent comprendre quand, comment et pourquoi ces stratégies sont utiles dans telle ou telle autre situation (Pressley, Snyder et Cariblia-Bull, 1987). Ainsi devient-il important de faire appel aux activités métacognitives d'auto-régulation pour favoriser le transfert des apprentissages. L'autorégulation est un moyen efficace pour gérer l'utilisation et le développement d'un large répertoire de stratégies.

De nombreux liens peuvent être établis entre la métacognition et la résolution de problèmes. Cette dernière fait en effet appel aux fonctions métacognitives de *planification* de l'action et d'*évaluation*. Avant d'aborder les étapes de la résolution de problèmes, nous en présenterons dans un premier temps une définition et une typologie. Nous tenterons de situer le tout dans le contexte des habiletés

métacognitives d'auto-régulation. Ceci permettra d'identifier des stratégies générales d'ordre supérieur applicables à de nombreux types de problèmes, y compris ceux qu'on rencontre dans le domaine de l'éducation.

QU'EST-CE QU'UN PROBLÈME?

Selon Mayer (1977), un problème peut être défini par les trois caractéristiques suivantes: a) un *état initial* — le problème commence par une situation de départ jugée insatisfaisante; b) un *état-objectif* — la situation désirée est différente de la situation de départ et il est nécessaire de réfléchir pour transformer l'état initial; c) des *obstacles* — la façon de passer de l'état initial à l'état-objectif n'est pas connue ou n'est pas évidente. Un problème peut donc être conceptualisé comme étant une différence entre une situation actuelle et une situation désirée; l'objectif à atteindre sera précisément d'éliminer cette différence et de transformer la première situation en la seconde. Cette définition volontairement large présente l'avantage d'être assez générale pour couvrir des problèmes relatifs à différents domaines, allant du jeu d'échecs (Newell et Simon, 1972) aux énigmes (Reitman, 1965) en passant par les problèmes arithmétiques.

Un des intérêts de l'application du cadre conceptuel de la résolution de problèmes au domaine de l'éducation est qu'il est possible, justement, de concevoir les situations d'apprentissage comme des situations de résolution de problèmes. Les apprenants, en cherchant à atteindre leurs objectifs d'apprentissage, doivent acquérir, comprendre et maîtriser des notions et des connaissances qu'ils ne possédaient pas au départ. En ce sens, il y a une différence entre l'état de départ et l'état-objectif. Cependant, la façon de passer de l'un à l'autre est loin d'être claire ou évidente. C'est un cas typique de résolution de problèmes, tant pour l'enseignant que pour l'apprenant.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE PROBLÈMES

Même si globalement tous les problèmes rejoignent la définition mentionnée précédemment, il est possible de les catégoriser de différentes façons. Reitman (1965) propose à cet effet une classification en fonction du degré de définition de l'état initial, de l'état-objectif et des obstacles. Il conçoit qu'un effort pour analyser et clarifier les caractéristiques de l'état initial, de l'état-objectif et des obstacles, peut faciliter la compréhension du problème et sa résolution.

Sans abandonner les principes de cette première catégorisation, basées sur le degré de définition des différents états de la résolution de problèmes, Greeno (1978) met en évidence des habiletés de résolution de problèmes spécifiques aux trois grands types de problèmes identifiés: 1) les problèmes d'arrangement; 2) les problèmes d'induction; 3) les problèmes de transformation.

Les problèmes d'arrangement

Dans ce type de problème, des éléments sont présentés à un sujet qui doit trouver une façon de les réorganiser pour trouver la solution. L'état initial du problème est clairement défini, mais l'état-objectif ne l'est pas. Les critères que l'état-objectif devra satisfaire sont connus, mais la solution finale satisfaisant à ces critères ne l'est pas encore. Ces problèmes sont caractérisés par leurs grandes possibilités de solutions. Cependant peu d'étapes sont nécessaires pour arriver à la résolution; il n'y a que peu de *transformations* à faire entre l'état initial et l'état-objectif. Il s'agit plutôt de trouver la bonne façon de réorganiser les éléments qui composent le problème. Ce *ré-arrangement* se fait souvent de façon assez soudaine (Metcalfe, 1986). Les problèmes d'arrangement font aussi souvent appel à l'*insight*, lequel correspond à l'appréhension instantanée des relations unissant les divers éléments du problème. Les anagrammes sont un exemple de ce type de problème.

Le processus utilisé pour résoudre ces problèmes ressemble à celui utilisé pour organiser la perception. Lorsque des images ambiguës sont présentées, la personne qui les perçoit cherche à organiser ces images, à arranger ses éléments pour former un tout significatif. Dans la résolution de problèmes, l'expérience passée peut aussi aider à identifier des *patterns* adéquats. Elle peut cependant aussi être parfois nuisible. Le fait d'avoir déjà essayé une forme d'organisation des éléments peut empêcher la perception d'autres formes d'organisation possibles qui pourraient être "meilleures." Ce phénomène est connu sous le nom de *rigidité fonctionnelle* (Duncker, 1972).

L'expérience passée peut donc aider à découvrir des éléments de solution d'un problème, mais une fixation trop rigide enfreint la créativité (Mayer, 1977). Aussi l'application répétitive d'une stratégie non optimale constitue un exemple de rigidité fonctionnelle. Celle-ci peut être due à un défaut de régulation, c'est-à-dire à une déficience dans le processus métacognitif qui vise à surveiller le déroulement du processus de résolution. Dans les problèmes d'arrangement, il arrive aussi que le problème soit mal défini et que des contraintes inutiles masquent la solution possible.

Les habiletés nécessaires à la résolution de ce type de problèmes sont les suivantes (Reed, 1988): 1) la capacité de *générer beaucoup de possibilités* (créativité) dans sa façon de concevoir le problème et d'envisager ses solutions; 2) la capacité d'*être flexible* (élimination des solutions non prometteuses); 3) la connaissance de principes et de stratégies qui peuvent *limiter les recherches* (la stratégie d'épellation au SCRABBLE, par exemple); 4) la capacité de *se rappeler des patterns de solution éprouvés* antérieurement (se rappeler des mots payants au SCRABBLE, par exemple). L'expérience en classe de l'écriture d'un texte peut être vue sous certains égards comme un exemple relevant d'un problème d'arrangement.

Les problèmes d'induction

Dans ce type de problèmes, les sujets doivent trouver une structure ou *induire une règle*. Les éléments du problème sont en général connus et la relation entre ses éléments est fixe; il s'agit de la découvrir. La formation de concept et le raisonnement analogique sont des exemples typiques de problèmes d'induction. Ces problèmes demandent donc d'identifier des relations entre des composantes et d'assembler ces relations en un *pattern* signifiant (Reed, 1988).

Les habiletés les plus importantes pour résoudre ce genre de problèmes sont les suivantes:

- 1) les habiletés reliées à l'*analyse dimensionnelle*—celles-ci impliquent d'être capable d'identifier et de classer les caractéristiques et les dimensions d'un problème, de comparer ensuite les éléments du problème et enfin de trouver les relations entre ceux-ci. À un niveau plus abstrait, la personne doit être capable de comparer des relations entre elles, c'est-à-dire de faire des analogies portant sur des relations plutôt que sur des éléments. Enfin, à un niveau d'abstraction encore plus élevé, la personne doit être à même de reconnaître un *pattern* ou un arrangement qui se répète;
- 2) les habiletés de *raisonnement logique*, et
- 3) la capacité de faire des *inférences* sont aussi reliées aux problèmes d'induction.

En classe on retrouve de nombreux exemples de ce type de problèmes, par exemple, compléter des séries, classer des objets selon des dimensions, assimiler des concepts tels que le nom, le verbe, l'adjectif, apprendre des règles de grammaire. Dans le domaine de la lecture, l'élaboration d'inférences et leur vérification dans le texte, de même que l'apprentissage de nouveaux mots à l'aide du contexte sont des cas de problèmes d'induction.

L'exemple suivant adapté de Mayer (1983) illustre comment l'acquisition de nouveaux concepts est liée à l'induction:

Le petit Charles regarde par la fenêtre et voit un fox terrier. Sa mère pointe alors le doigt vers le fox terrier et dit: "C'est un chien." Un peu plus tard un épagneul passe dans la rue et la mère de Charles pointe à nouveau le doigt en disant: "C'est un chien." Puis un berger allemand vient s'asseoir sur le terrain et la mère de Charles dit encore: "C'est un chien." Le lendemain Charles aperçoit "quelque chose de poilu qui se déplace à quatre pattes" tout content il va voir sa mère et dit "chien." Sa mère lui répond alors "Non, Charles ce n'est pas un chien, c'est un chat."

Le petit Charles a donc dégagé vraisemblablement la *règle* à l'effet que tous les objets poilus qui bougent et qui sont dotés de quatre pattes se nomment "un chien." Cependant, l'expérience lui montrera que cette règle est fautive, ou du moins incomplète, puisqu'elle ne tient pas compte de certaines dimensions

propres aux chiens, celle d'aboyer par exemple. L'acquisition de cette dernière dimension ainsi que d'autres lui permettront de distinguer éventuellement les chiens de tous les autres animaux. Il s'agit en effet de classer correctement *tous* les objets "chiens" et *seulement* ces objets dans la catégorie des chiens.

Un raisonnement inductif du même type est tenu lorsque le jeune enfant infère la règle grammaticale à l'effet que tous les verbes de la deuxième personne du pluriel du présent indicatif se terminent par "ez," comme c'est le cas pour "vous aimez," "vous pleurez," "vous sentez," etc. L'induction de cette règle à partir des nombreuses occurrences de cette forme de conjugaison porte l'enfant à commettre l'erreur courante d'employer "vous faites" à la place de "vous faites."

Les problèmes de transformation

Dans ce type de problèmes, l'état initial et l'état-objectif sont tous deux très clairement définis. De même les relations entre les éléments du problème sont connues lors de l'état initial et de l'état-objectif. La difficulté réside plutôt ici dans la façon de passer d'un état à l'autre. Les problèmes classiques de "la tour de Hanoi" et celui des "cannibales et des missionnaires" sont des illustrations typiques des problèmes de transformation. Ces problèmes sont en général plus complexes que les problèmes d'arrangement. Leur résolution demande beaucoup plus d'étapes et le nombre de possibilités à explorer est parfois énorme même si le but à atteindre est tout à fait clair. Ils font aussi beaucoup appel aux capacités de raisonnement logique.

La recherche en intelligence artificielle portant sur cette catégorie de problèmes a permis de mettre en évidence certaines stratégies générales de résolution. Ces stratégies dont l'utilisation est souvent couronnée de succès ont été nommées des *heuristiques* (Atwood et Polson, 1976; Ernst et Newell, 1969; Newell et Simon, 1972). Parmi ces heuristiques nous retrouvons:

- 1) l'*analyse des moyens et des fins*, où il s'agit de comparer régulièrement l'état actuel du problème avec l'état-objectif afin de choisir des opérations qui peuvent permettre de réduire l'écart entre les deux. Plus concrètement, ceci consiste à évaluer continuellement si on se rapproche de la solution;
- 2) la *représentation du problème*, qui peut se faire sous forme graphique ou propositionnelle;
- 3) la *fixation de sous-objectifs*, qui implique de décomposer le problème en plus petites unités "malléables";
- 4) Le *raisonnement par analogies*, qui suppose que l'on puisse retracer des situations inter et intra-domaines similaires afin de leur appliquer des solutions semblables.

Les problèmes rencontrés en classe ou dans la vie quotidienne représentent rarement des cas purs, mais plutôt des amalgames relevant à divers degrés tantôt

de l'arrangement, tantôt de l'induction ou de la transformation. La classification présentée met néanmoins en évidence des stratégies de résolution de problèmes et des habiletés d'une utilité globale. Aussi les stratégies identifiées peuvent s'appliquer avec succès au domaine des apprentissages scolaires à condition d'être adéquatement enseignées. L'enseignement des heuristiques en mathématiques, entre autres, a déjà montré son efficacité dans l'amélioration de la performance chez des apprenants (Schoenfeld, 1979).

LES STRATÉGIES GÉNÉRALES DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES

La recherche dans le domaine de la résolution de problèmes a mis en lumière certains éléments. D'abord, il s'agit d'un processus qui se déroule par *étapes*, qui se succèdent dans un ordre plus ou moins variable. De plus, au cours de ces étapes, on remarque que, dans un domaine donné, les experts recourent davantage à des stratégies que les moins habiles. Selon les différents auteurs on distingue quatre ou cinq étapes principales. Ainsi, Polya (1968), un précurseur dans ce domaine, identifie les étapes suivantes pour la résolution des problèmes en mathématiques: 1) comprendre le problème; 2) se faire un plan; 3) exécuter le plan; 4) évaluer les résultats.

En modifiant légèrement ce modèle, et en insistant un peu plus sur l'aspect métacognitif, il est possible d'y intégrer les *stratégies d'apprentissage d'utilité générale* identifiées plus haut. Par ailleurs la stratégie "évaluer et surveiller le processus," dans le modèle proposé, n'est pas simplement l'étape finale du processus, mais plutôt une stratégie métacognitive s'appliquant à chacune des étapes selon un mode de *rétroaction*. Le processus de résolution de problèmes révisé que nous présentons ici peut être représenté sous la forme graphique suivante.

Une façon d'encourager des activités métacognitives chez l'apprenant consisterait donc à l'amener à comprendre, à utiliser et à maîtriser ce processus de résolution de problèmes et ceci, à l'intérieur de ses différents champs d'activités. Les étapes proposées présentent en effet l'avantage d'être simples et transférables à divers domaines d'application. Les personnes expérimentées n'appliquent pas nécessairement ce processus à la lettre, mais elles ont tendance plus que les autres à s'engager spontanément dans des activités métacognitives. Ces personnes sont par exemple plus enclines que les novices à planifier et à évaluer en cours de route l'efficacité de leur action.

Formuler l'objectif

Les personnes impulsives essayent parfois de résoudre un problème avant même de s'assurer d'avoir bien compris la nature de la tâche. Pourtant, la première étape à franchir consiste à définir aussi clairement que possible l'objectif à atteindre. Si les problèmes de type scolaire sont généralement formulés de façon

FIGURE 1

Processus d'autorégulation pendant les étapes de la résolution de problèmes

à ce que l'objectif soit clair (un problème de mathématiques, par exemple), il n'en va pas nécessairement de même pour les problèmes de la vie quotidienne.

Cette difficulté est attribuable à plusieurs facteurs. La formulation d'un objectif pose un problème complexe. Par exemple, le choix d'un métier qu'on aimerait faire plus tard n'est pas toujours chose facile. Qui plus est, les objectifs et les priorités sont susceptibles de se transformer en fonction de changements dans les valeurs de l'individu. Ainsi, il arrive que l'on poursuive une démarche déjà amorcée, alors que des changements sont intervenus en cours de route. Le fait de s'appliquer à définir clairement l'objectif à atteindre permet de gagner du temps: cette démarche évite d'expérimenter des solutions qui déboucheraient sur une impasse.

Définir la situation

Dans cette étape, il s'agit d'analyser les caractéristiques de l'état initial et de prévoir les obstacles qui empêchent d'atteindre l'état désiré. Cette analyse va permettre de préparer l'étape suivante de la planification.

La stratégie privilégiée ici consistera à utiliser des *représentations*. Plusieurs problèmes contiennent en effet trop d'informations par rapport à la capacité limitée de la mémoire à court terme. C'est là une source d'erreurs courante qui pourrait être contournée par le recours aux représentations. Le fait d'utiliser des représentations permet de simplifier le problème et d'alléger le fardeau de la mémoire à court terme, surtout si des aides extérieures sont employées comme support: faire des dessins ou des diagrammes sur papier, par exemple. Les représentations permettent aux apprenants de mieux appréhender les relations entre les éléments d'un problème, de mieux comprendre leur structure, bref de mieux définir le problème. Pour illustrer cette affirmation, reportons nous à l'exemple suivant: "Jean et Simon sont plus grands que Robert. Adam est plus petit que Simon, mais plus grand que Jean. Classer les différents personnages en ordre de grandeur."

De prime abord complexe, ce problème devient facile à résoudre quand on le schématise. Les représentations peuvent prendre plusieurs formes; l'important, pour l'apprenant, étant d'utiliser une représentation qu'il comprend et qui a du sens pour lui. Ainsi tout encouragement de la part des enseignants à l'utilisation de diverses formes de représentations facilite la résolution de problèmes. Carroll, Thomas et Malhotra (1980) ont d'ailleurs remarqué à ce sujet que les experts, contrairement aux débutants, se servent des représentations.

L'analyse approfondie de la situation initiale permet l'emploi d'une autre stratégie générale consistant à construire des *analogies*. La personne engagée dans un raisonnement analogique se pose essentiellement la question suivante: Le présent problème ressemble-t-il à un problème déjà rencontré? Ce faisant, elle essaie d'évaluer si le problème ressemble à des situations déjà connues. Elle

cherche à trouver comment le problème présent est en relation avec les idées et les concepts qui se trouvent dans sa mémoire à long terme.

Le phénomène de la rigidité fonctionnelle, déjà discuté, montre que l'expérience passée peut parfois nuire à l'élaboration d'analogies. Le recours à celles-ci doit en conséquence se faire de manière prudente et seulement après vérification de leur pertinence par rapport au nouveau problème. Les experts et les débutants se comportent encore ici différemment. Les experts sont généralement capables de découvrir les *ressemblances de structure* entre un nouveau et un ancien problème; pour ce faire, ils en analysent de façon détaillée les caractéristiques. Les débutants eux, ne prennent pas le temps de faire cet examen approfondi. En mathématiques par exemple, les débutants ont tendance à essayer d'appliquer tout de suite des équations qu'ils connaissent, sans faire d'abord l'analyse du problème. Ils consacrent aussi moins de temps et d'attention à la planification et à l'évaluation.

Par ailleurs, il est vrai que les experts ont des connaissances plus approfondies dans leur domaine et que celles-ci leur facilitent la tâche lorsqu'il s'agit de reconnaître un problème. Cependant le classement de problèmes dans une même catégorie requiert davantage. Il s'agit plutôt, comme nous l'avons mentionné, d'établir des analogies sur le plan de la structure des problèmes. Les novices, contrairement aux experts, ont tendance à établir des ressemblances basées sur des caractéristiques de surface. Ils risquent donc de faire des analogies non pertinentes nuisant au *transfert* des connaissances.

Planifier

En effectuant une bonne planification, les personnes évitent d'envisager des solutions vouées à l'échec. Cette étape peut sembler superflue pour les personnes impulsives, cependant, c'est encore là une des différences principales entre les experts et les débutants. Les experts prennent plus de temps pour planifier leur approche des problèmes, alors que les novices commencent souvent à résoudre un problème en s'en remettant plus ou moins au hasard (Larkin et Reif, 1979). Les premiers se font d'abord une ébauche de plan vers la solution. Ils tentent d'identifier les grands *patterns* de relations, avant de s'intéresser aux plus petits détails. Ils évitent ainsi d'investir un temps inutile dans des recherches de solution peu productives, ce qui leur permet d'être finalement plus rapides et plus efficaces.

Plus un problème est complexe, plus les possibilités de solutions à explorer sont nombreuses, et plus la planification devient importante. Pour les problèmes simples, qui ne comportent que très peu d'étapes, la planification peut parfois être très réduite. De même, si le problème présente un contenu familier reconnaissable, la recherche de solution devient alors quasi automatique. Toutefois, face à un problème complexe, la planification demeure le meilleur moyen d'évi-

ter des recherches infructueuses et d'arriver avec un moindre effort à la solution idéale.

Devant un problème complexe, il est aussi très utile de se former des *sous-objectifs*. La résolution de chaque sous-problème représente un petit pas se rapprochant progressivement du but. Les systèmes d'intelligence artificielle ont déjà largement éprouvé cette stratégie, qui permet de réduire considérablement le nombre des possibilités à explorer (Minsky, 1975).

L'étape de planification peut être divisée en deux grandes sous-étapes soit, *générer des idées de stratégies et sélectionner une stratégie*.

Générer des idées de stratégies et sélectionner une stratégie

La capacité de se rappeler les stratégies déjà utilisées est valable, mais la capacité d'en créer de nouvelles face à une situation inhabituelle est parfois la seule alternative possible. Cette étape fait donc appel à la créativité puisqu'il s'agit de générer de nombreuses façons possibles et différentes de définir un problème pouvant mener à autant de pistes de solution. D'un point de vue pédagogique, il est préférable d'entraîner les apprenants à générer plusieurs idées de stratégies plutôt que d'appliquer immédiatement la première qui leur vient à l'esprit.

Parmi les idées de stratégies produites, l'apprenant doit ensuite en retenir une, celle qui semble la plus appropriée.

Exécuter

Cette étape consiste à mettre en oeuvre la stratégie choisie et à agir en conséquence. Des décisions ont déjà été prises à propos des stratégies et spécialement quant à la façon d'exécuter la stratégie choisie. Cependant il peut advenir, en cours de route, que la stratégie choisie s'avère inefficace. Il est donc important d'exercer conjointement une surveillance afin de déterminer s'il y a eu effectivement un progrès vers la solution. Ceci permettra d'ajuster rapidement son comportement si ce n'était pas le cas. Aussi, malgré les efforts considérables parfois investis, la *flexibilité* devrait toujours rester de mise.

Évaluer et surveiller le processus

La stratégie générale d'évaluation et de surveillance s'applique à toutes les étapes de la résolution de problèmes. Elle consiste à consacrer une partie de l'*attention* à surveiller la façon dont se déroule le processus en entier. Elle permet ainsi d'évaluer la compréhension du problème, l'adéquation de la planification et l'efficacité des actions posées. Il ne s'agit pas de consacrer beaucoup d'efforts d'attention, mais plutôt de surveiller régulièrement le déroulement du processus

pour en *détecter les erreurs*. La personne qui applique la stratégie d'évaluation se place par le fait même toujours à l'affût de sources d'informations concernant le déroulement de son processus de résolution de problèmes. Ces *rétroactions* peuvent être internes ou externes.

La rétroaction interne correspond à une expérience ou à un état intérieur. Par exemple, il peut être très utile de distinguer l'état ressenti lorsqu'il y a compréhension et celui ressenti en cas d'incompréhension. Si l'apprenant n'arrive pas à détecter ces états, il ne pourra pas réagir adéquatement devant son problème. D'autre part, les *attributions* de l'apprenant vont influencer le genre d'action qu'il va poser face à son incompréhension. Une autre source de feedback interne est le *degré de certitude* ressenti face à la solution. Un degré de certitude trop faible peut être le reflet d'une expérience métacognitive indiquant que l'on doit réviser sa réponse ou même son processus de résolution complet.

Par ailleurs, les rétroactions externes sont des sources d'information venant de l'extérieur. Le travail en équipe et les discussions sur les stratégies de résolution auxquelles il donne lieu constituent un excellent moyen de stimuler cette étape du processus. Ces sources d'information sont importantes dans le développement de connaissances sur soi qui seront applicables dans des activités ultérieures.

COMMENTAIRES

Les différences individuelles au niveau de la facilité d'apprentissage dépendent probablement largement de certaines habiletés métacognitives que possèdent les individus, et il semble que les personnes qui éprouvent des difficultés au plan académique soient généralement moins habiles à recourir à l'autorégulation. Elles sont ainsi moins promptes à réagir face à leurs erreurs ou devant certaines ambiguïtés et peuvent même avoir des résistances à reconnaître qu'elles n'ont pas appris ou agi adéquatement. Devant une tâche dont elles ne comprennent pas toujours le sens, elles sont donc moins susceptibles de réussir.

Les apprenants peu expérimentés diffèreraient donc des personnes plus performantes quant à leur usage de stratégies cognitives spécifiques. Les étudiants doués possèdent souvent un bagage d'informations plus considérable, mais ce qui les distingue surtout, c'est l'organisation et l'accessibilité de ces informations. Le simple fait d'avoir des connaissances ne garantit donc pas toujours automatiquement leur utilisation. Par exemple, certaines connaissances utiles peuvent ne pas être mises à profit dans une situation de résolution de problèmes. Les composantes métacognitives d'autorégulation seraient donc des facteurs de *médiation* importants dans le développement des habiletés intellectuelles qui, semble-t-il, pourraient être enseignées efficacement dans un programme. Ainsi, nous croyons qu'un programme d'entraînement métacognitif axé sur des exercices de régulation peut amener des améliorations sensibles à condition que les informations données soient explicites. Les apprenants doivent comprendre pourquoi une stratégie est efficace dans une situation donnée afin que cette stratégie soit utilisable

et éventuellement transférable à d'autres domaines. C'est d'ailleurs en ce sens que Poissant, Falardeau et Poëllhuber (1993a, 1993b) ont orienté leurs efforts lors de la construction de leur programme.

En connaissant mieux les apprenants sous l'angle métacognitif, nous nous donnons la possibilité de construire des matériels pédagogiques valides et mieux adaptés aux besoins. Les différentes études recensées laissent en effet entrevoir qu'une approche métacognitive peut donner des résultats supérieurs à une approche basée seulement sur la maîtrise de compétences cognitives. *L'entraînement à la réflexion* devant diverses tâches aurait un effet bénéfique sur les apprentissages. Les présents auteurs (1993b) ont ainsi élaboré et expérimenté leur programme avec cette prémisse selon laquelle il est souhaitable d'avoir des *connaissances par rapport à des stratégies* et à leur *régulation* pour mieux réagir devant les diverses situations d'apprentissage.

Une bonne compréhension des processus en cause lors de la résolution de problèmes ouvre donc une voie d'application intéressante pour l'enseignement. En effet, l'enseignant qui met l'accent sur les fonctions métacognitives, par l'autorégulation notamment, permet à l'apprenant de devenir plus habile dans le contrôle de son propre processus d'apprentissage. En devenant plus autonome, l'apprenant en vient à développer des habiletés d'auto-gestion de ses apprentissages qui lui serviront toute sa vie (Belmont, Butterfield et Ferretti, 1982). Le modèle de résolution de problèmes proposé peut être utile en particulier aux personnes qui ont tendance à être impulsives, et à celles qui négligent de porter attention à la surveillance et à l'évaluation de leurs processus.

Les étapes du modèle: formuler l'objectif, définir la situation, planifier, exécuter, évaluer et surveiller le processus, sont présentées comme successives, mais leur ordre peut être variable. De même l'importance de chacune des étapes peut varier en fonction du problème rencontré. L'intérêt ne consiste pas à enseigner ce processus de façon mécanique. Au contraire, il faut encourager l'apprenant à comprendre ce qu'il fait et à devenir actif. Il s'agit de stimuler les activités métacognitives de l'apprenant, c'est-à-dire de l'amener à réfléchir sur son propre processus d'apprentissage et à devenir plus impliqué face à ce processus. Cet accent sur la métacognition par le biais de l'autorégulation ainsi que sur la résolution de problèmes devrait permettre de transférer les stratégies et les connaissances apprises à l'école à d'autres domaines de connaissances.

RÉFÉRENCES

- Adams, M. J. (1989). Thinking skills curricula: Their promise and progress. *Educational Psychologist*, 24(1), 25-77.
- Atwood, M. E. et Polson, P. G. (1976). A process model for water jar problems. *Cognitive Psychology*, 8, 191-216.
- Audy, P. (1989). *Actualisation du potentiel intellectuel (API), les composantes et les méta-composantes de l'efficacité cognitive* (rapport). Abitibi Témiscamingue: Université du Québec en Abitibi Témiscamingue.

- Belmont, J. M., Butterfield, E. C. et Ferretti, R. P. (1982). To secure transfer of training instruct self-management skills. In D. K. Detterman et R. J. Sternberg (dirs.), *How and how much can intelligence be increased?* (p. 147–154). Hillsdale, NJ: Ablex.
- Bouffard-Bouchard, T. (1987). *Auto-efficacité et autorégulation dans une tâche cognitive*. Thèse de doctorat inédite, Département de psychologie, Université du Québec à Montréal.
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self regulation and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert et R. H. Kluwe (dirs.), *Metacognition, motivation, and understanding* (p. 65–114) Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carroll, J. M., Thomas, J. C. et Malhotra, A. (1980). Presentation and representation in design problem solving. *British Journal of Psychology*, 71, 143–153.
- De Bono, E. (1973). *CoRT thinking materials*. London: Direct Education Services.
- Duncker, K. (1972). *On problem solving*. Westport, CT: Greenwood Press.
- Ernst, G. W. et Newell, A. (1969). *GPS: A case study in generality and problem solving*. New York: Academic Press.
- Feurstein, R., Rand, Y., Hoffman, M. B. et Miller, R. (1980) *Instrumental enrichment: An intervention program for cognitive modifiability*. Baltimore, MD: University Park Press.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring. *American Psychologist*, 34(10), 906–911.
- Flavell, J. H. (1981). Cognitive monitoring. In W. P. Dickson (dir.), *Children's oral communication skills* (p. 35–60), New York: Academic Press.
- Greeno, J. G. (1978). Natures of problem solving abilities. In W. K. Estes (dir.), *Handbook of learning and cognitive processes* (vol. 5, p. 239–270). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Larkin, J. H. et Reif, F. (1979). Understanding and teaching problem solving in physics. *European Journal of Science Education*, 1, 191–203.
- Lefebvre-Pinard, M. et Pinard, A. (1985). Taking charge of one's cognitive activity: A moderator of competence. In E. Neimark, R. De Lisi et J. Newman (dirs.), *Moderators of competence* (p. 191–212). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Mayer, R. E. (1977). *Thinking and problem solving: An introduction to human cognition and learning*. Glenview, IL: Scoot, Foresman.
- Mayer, R. E. (1983). *Thinking, problem solving, cognition*. New York: W. H. Freeman.
- Metcalf, J. (1986). Premonitions of insight predict impending error. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12, 623–634.
- Minsky, M. (1975). A framework for representing knowledge. In P. Winston (dir.), *The psychology of computer vision* (p. 211–277). New York: McGraw-Hill.
- Newell, A. et Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Pallascio, R. (1992). Une démarche de résolution de problèmes inscrite dans une conception de l'apprentissage. *Vie pédagogique*, 77, 25–29.
- Pinard, A., Lefebvre-Pinard, M. et Bibeau, M. (1989). Le savoir métacognitif portant sur la compréhension: comparaison entre adultes analphabètes et adultes alphabétisés. *Revue québécoise de psychologie*, 10(3), 78–91.
- Poissant, H., Falardeau, M. et Poëllhuber, B. (1993a). L'attention en classe: fonctionnement et applications. *McGill Journal of Education*, 28(2), 289–300.
- Poissant, H., Falardeau, M. et Poëllhuber, B. (1993b). *Programme de développement des processus cognitifs reliés à l'apprentissage: Guide préparé à l'intention des formateurs en alphabétisation*.

- Québec: Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Sciences (MESS) et Ministère de l'Éducation.
- Polya, G. (1968). *Mathematical discovery: Vol. 2. On understanding, learning and teaching problem solving*. New York: Wiley.
- Pressley, M., Snyder, B. L. et Cariblia-Bull, T. (1987). How can good strategy use be taught to children? Evaluation of six alternative approaches. In S. M. Cormier et J. D. Hagman (dirs.), *Transfer of learning: Contemporary research and applications* (p. 81–120). San Diego: Academic Press.
- Reed, S. K. (1988). *Cognition: Theory and applications*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing.
- Reitman, W. R. (1965). *Cognition and thought: An information processing approach*. New York: Wiley.
- Schoenfeld, A. H. (1979). Explicit heuristic training as a variable in problem-solving performances. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10, 173–187.
- Sternberg, R. J. et Davidson, J. E. (1986). *Conceptions of giftedness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique: l'apport de la psychologie cognitive*. Montréal: Logiques.
- Wales, C. E., Nardi, A. H. et Stager, R. A. (1987). *Thinking skills: Making a choice*. Morgantown: West Virginia University, Center for Guided Design.

Hélène Poissant est professeure au Département de psychopédagogie, Faculté des sciences de l'éducation, l'Université Laval, Cité universitaire, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4. Bruno Poëllhuber est chargé de cours au Cégep de Sherbrooke, Département de psychologie, 475 rue du Parc, Sherbrooke (Québec) J1H 5M7. Mireille Falardeau est chargée de cours au Cégep de Granby-Haute Yamaska, 50 rue Saint-Joseph, C.P. 7000, Granby (Québec) J2G 9H7.