

“On n’est pas experts, mais on est compétents!”¹

Proposition d’un premier niveau de compétence en habiletés procédurales Logo²

Résumé

Cet article aborde la question du développement de la pensée procédurale en Logo. Il s’attache, à travers l’étude plus spécifique de la notion de procédure, à une forme particulière d’expression de la pensée procédurale: la programmation structurée. Le présent article tend à identifier les habiletés de base en programmation structurée et vise à définir un tout premier niveau de compétence qui soit accessible à des enfants de 10-12 ans. Cinq habiletés procédurales sont retenues et décrites. La description d’un projet pilote permet de voir comment, dans l’environnement pédagogique proposé, les enfants ont pu découvrir et exercer ces habiletés. La discussion tend à identifier la meilleure voie à suivre pour favoriser le maintien et l’extension des progrès dans le domaine.

Abstract

This paper addresses the issue of the development of procedural thinking in Logo. Through the specific study of the notion of a procedure, a particular form of expression of procedural thinking is examined: namely, structured programming. Basic skills in structured programming are identified and a first level of competence, accessible to 10-12 year-old children, is defined. Five procedural skills are singled out and described. A pilot study is described that shows how children were able to discover and exercise these skills in the educational environment studied. An attempt is made to identify the best path to follow for encouraging the consolidation and extension of progress in the field.

Logo et la logique des actions

L'un des apports majeurs de Logo fut de redonner ses cartes de noblesse à la logique des actions. Logo tend en effet à faire ressortir la place importante qu'occupe la logique des actions dans le répertoire des compétences des enfants d'âge scolaire. Déjà certains courants de recherche (voir Karmiloff-Smith 1979, 1984; Klahr & Robinson, 1981) tendaient à revaloriser ce domaine de compétence chez l'enfant, mais l'apport de Logo fut crucial, sa grande popularité auprès des chercheurs et des pédagogues entraînant non seulement l'étude des composantes et mécanismes propres à la logique de l'action, mais favorisant aussi parallèlement son expression fréquente en milieu éducatif contemporain.

A la base, Logo réfère à des actions qui sont en haute synchronie avec des activités quotidiennes de l'enfant (avancer, reculer, tourner à droite, à gauche, répéter, etc.). Mais, plus important encore, il fait appel à toute une série d'activités mentales se rapportant à l'organisation de ces actions. En effet, Logo favorise la prévision et la planification des actions; il permet la modification ou la réorganisation d'actions anticipées ou identifiées pas à pas; il amène à une formalisation des actions — regroupement, mise en séquence d'actions représentant tel ou tel produit ou concept — ainsi qu'à une manipulation symbolique de groupes d'actions. Cet ensemble d'opérations mentales applicables à des instructions ou actions Logo est associé à une forme particulière de pensée, la pensée procédurale.

Définie en termes d'**habiletés génériques**, la pensée procédurale en Logo réfère (Papert et al. 1979, Mendelsohn 1985a, Pea & Kurland 1984) aux habiletés du sujet à coordonner le plus finement possible l'objectif de travail visé (le produit attendu) et les actions concrètes à prendre pour l'obtenir (le processus de construction). La pensée procédurale est souvent associée à la démarche algorithmique, l'ordre des actions y étant important, la clarté et la précision des actions à exécuter étant de mise et l'efficacité de l'action se devant d'être assurée. (Les exemples sont nombreux en mathématique, mais on peut aussi référer à des exemples plus concrets ou familiers tels les habiletés à reconnaître l'importance de la séquence et de la précision des informations lorsque l'on doit guider différentes personnes d'un endroit X à un endroit Y; ou encore l'importance d'actions précises et de séquence d'actions adéquate si l'on veut répéter avec succès tel ou tel plat cuisiné.)

Ainsi, la coordination moyen-but, inhérente aux habiletés génériques, sera d'autant meilleure que le sujet sera bien habilité à dresser des listes d'instructions concises et complètes pour chaque projet ou encore pour chaque élément, partie ou étape d'un projet. La pensée procédurale réfère donc ainsi à une série d'**habiletés spécifiques**. En Logo par exemple, les habiletés spécifiques de définition et de manipulation des procédures sont

considérées, par plus d'un auteur (Papert et al, 1979; Noss 1984; Hillel & Samurcay 1985; Leron 1985), comme fondamentales; elles sont à la base même des activités génériques de planification et de réalisation de projets. Savoir définir une procédure (e.i. identifier et regrouper les actions Logo correspondant à tel ou tel produit ou "output") et pouvoir manipuler une procédure (par exemple, la modifier, la transformer, l'exporter ou l'organiser avec d'autres procédures) sont des habiletés importantes de pensée procédurale en ce qu'elles réfèrent à des opérations s'appliquant à des actions et groupes d'actions. Une compréhension véritable de la notion de procédure en Logo devrait minimalement référer à de telles habiletés.

La notion de procédure en Logo

Essentiellement, la procédure Logo est une série d'instructions choisies et organisées par le sujet, appelée à correspondre à un produit donné. La procédure a pour fonction principale d'encapsuler dans un même tout une série d'instructions et de représenter par un vocable particulier cette même série d'instructions (ex: une procédure ROUE représente toute série d'actions Logo choisies par le sujet pour reproduire une roue).

De par sa nature même, la procédure Logo se situe au confluent de la pensée et de l'action: issue d'actions concrètes et spécifiques, elle les regroupe, les formalise et les rend symboliquement manipulables. Une procédure CARRE, une procédure SPIRALE, par exemple, représentent des séries d'actions organisées, séries correspondant à des figures ou produits bien spécifiques qui peuvent être appelées et rappelées à volonté. L'intérêt de la procédure réside donc dans son pouvoir de conceptualisation de l'action, permettant éventuellement la manipulation opératoire de l'action: toute procédure, une fois définie, peut être directement manipulée, c'est-à-dire rappelée, modifiée ou utilisée dans plus d'un contexte de travail Logo.

Cette notion de procédure sise au coeur même de la pensée procédurale occupe aussi une place privilégiée dans le processus de programmation structurée. Ce double lien nous amène à préciser la nature de la relation entre pensée procédurale et programmation structurée.

Relation entre pensée procédurale et programmation structurée

Les habiletés à créer et à manipuler des procédures sont donc, en termes de pensée procédurale, des modes privilégiés d'opérations sur des actions ou des groupes d'actions. Ces mêmes habiletés constituent par ailleurs des voies royales d'accès à la programmation structurée. La structure modulaire inhérente à la programmation structurée repose, en effet, sur la possibilité de définir des procédures et de les organiser entre elles (emboîtements de sous-procédures dans des superprocédures). La programmation structurée se

révèle donc une forme privilégiée d'expression de la pensée procédurale. Pourtant il serait abusif de conclure que c'est là la seule forme d'expression possible, voir même valable, de la pensée procédurale. Certains auteurs ont, à tort, tenté d'établir une relation d'équivalence bi-univoque entre les deux, faisant de l'utilisation de la programmation structurée le seul critère de compétence en pensée procédurale. Toute série d'instructions conçues pour reproduire une figure, un dessin ou un déplacement est une manifestation de la pensée procédurale, même si elle n'est point formalisée dans une procédure proprement dite. Les super-productions réalisées par certains enfants de 10-12 ans, voire même par certains programmeurs experts, sans avoir fait ouvertement appel à la programmation structurée, sont aussi des manifestations de la pensée procédurale.

La programmation structurée se révèle donc un outil parmi d'autres, mais un outil, par ailleurs, extrêmement important puisque fort utile à plus d'un niveaux. La programmation structurée offre un excellent support à l'organisation des actions Logo ainsi qu'à la gestion des groupes d'actions (procédures). A un autre niveau, elle permet de résoudre élégamment certains types de situation-problèmes où se retrouve soit un grand nombre de sous-parties, soit un grand nombre d'éléments répétitifs. Enfin, toute utilisation répétée des habiletés sous-jacentes à la programmation structurée favorisera un processus d'internalisation qui éventuellement permettra d'exercer mentalement les habiletés procédurales impliquées; d'où, dépendant du niveau d'organisation interne donné par un sujet à ses actions Logo, un programme à la queue leu leu pourra se révéler tout aussi génial et bien organisé qu'un programme avec procédures et sous-procédures explicites!

Les habiletés procédurales qui nous intéressent particulièrement ici – les habiletés à créer et à manipuler des procédures – se situent à la jonction de la pensée procédurale et de la programmation structurée. Souvent, dans la littérature Logo, on associe le développement des habiletés ci-haut mentionnées au développement des compétences en programmation structurée. Plusieurs auteurs se sont intéressés au développement des habiletés en programmation structurée et ont identifié des niveaux fort complexes de compétence dans ce domaine. Nous aimerions ici nous démarquer de ces niveaux sophistiqués, finalement accessibles aux seuls programmeurs experts, et tenter plutôt d'identifier le tout premier niveau de compétence qui soit accessible aux jeunes programmeurs, relativement peu expérimentés en Logo.

Compétence reconnue aux enfants en programmation structurée

Plusieurs études rapportent un certain succès dans l'initiation et la familiarisation des enfants de 10-12 ans à la programmation structurée. Que cela soit dans le cadre d'environnements centrés sur les projets de l'enfant

(Lemerise & Kayler, 1986; Papert et al., 1979) où dans le cadre de projets plus structurés (Grenier, 1989; Lemerise, sous presse; Leron, 1985; Marcotte, 1989; Mendelsohn, 1985b), plusieurs protocoles d'enfants confirment un certain niveau d'habileté à définir et à organiser des procédures. Toutefois, dans l'un et l'autre de ces environnements, des limites sont vite répertoriées soit dans l'utilisation courante de ces habiletés – les enfants préférant utiliser une programmation plus linéaire lors de la réalisation de leurs projets personnels –, soit dans la gamme des niveaux de difficulté où sont applicables les dites habiletés – l'habileté à gérer les interfaces, par exemple, se limitant initialement à des projets fort peu complexes. Malheureusement, ces limites observées sont souvent interprétées par chercheurs et pédagogues comme des indices d'incompétence dans le domaine, créant ainsi un courant qui remet trop hâtivement en cause l'accessibilité à la programmation structurée pour ces enfants encore en deçà du seuil de la pensée formelle.

Quelques remarques critiques s'imposent face à de telles interprétations. D'une part, il appert que les modèles de référence utilisés pour juger de la compétence des enfants sont trop souvent des modèles d'expert (Hillell & Samurcay 1985, Howe 1980, Pea & Kurland 1984, par exemple), modèles qui ont tôt fait de rendre les enfants de 10-12 ans incompétents ou encore peu enclins à progresser très avant dans les différents échelons proposés. D'autre part, les enfants évalués n'ont pas toujours été placés dans des contextes assurant les apprentissages préalables dans le domaine: règle générale, les habiletés en programmation structurée ne s'acquièrent pas spontanément et certains contextes pédagogiques doivent être créés et proposés afin de permettre aux enfants non seulement de se familiariser avec les habiletés sous-jacentes, mais aussi de les exercer à plus d'une occasion (Hillell & Samurcay 1985; Leron 1985).

Signalons enfin, que dans certains cas, le statut de non-compétence est attribué sur la seule base de la non utilisation de la programmation structurée lors de la réalisation de projets Logo. Or, lorsqu'on se rappelle que même des programmeurs experts n'utilisent pas en tout temps cette structure de programmation, il devient abusif d'appliquer un tel critère pour les enfants du primaire. Si la programmation structurée n'est qu'un outil parmi d'autres, le recours à un outil différent peut être basé sur autre chose que de l'incompétence à manipuler ce premier outil; différents facteurs (tel le type d'analyse perceptuelle de la tâche; le niveau de difficulté perçu; la maîtrise d'un autre outil de travail etc.) peuvent influencer le libre choix du programmeur.

Il apparaît donc important, compte tenu du climat de doute qui prévaut aujourd'hui, de réhabiliter les compétences en programmation structurée de l'enfant de 10 - 12 ans. Notre objectif sera donc ici d'identifier et de décrire quelles habiletés – si élémentaires soient-elles d'un point de vue

d'expert – l'enfant de cet âge peut développer, maîtriser et maintenir. L'identification et la description d'un *premier niveau de compétence* en programmation structurée qui soit réalistement accessible par des enfants encore au stade pré-formel permettra de clarifier les attentes pour un tel groupe d'âge et de prévoir les interventions les plus susceptibles de favoriser le développement de ces compétences.

Proposition d'un premier niveau de compétence en programmation structurée

La description d'un premier niveau de compétence que nous proposons ci-dessous se base d'une part sur un inventaire des comportements déjà observés chez des enfants du deuxième cycle du primaire (Lemerise 1988, Lemerise & Kayler 1986, Leron 1985, Mendelsohn 1985a, Noss 1984, Papert et al. 1979) tout en s'appuyant sur les analyses théoriques de ces mêmes auteurs relativement aux habiletés sous-jacentes à la programmation structurée.

La présente étude tentera de clarifier le rôle que tiennent les habiletés de définition et de manipulation des procédures dans l'initiation à la notion de procédure chez les apprentis-programmeurs. Ce choix de donner priorité à ces habiletés est justifié par les raisons suivantes. D'une part, il est unanimement reconnu que la compréhension de la notion de procédure est fondamentale en programmation structurée et en Logo. D'autre part, une tendance à définir de façon trop étroite les habiletés sous-jacentes à une compréhension de la procédure est par ailleurs souvent observée dans la littérature. En effet, obnubilés par l'aspect modulaire de la programmation, nombre d'auteurs tendent à ne considérer que deux des caractéristiques de la procédure: soit sa propension à être définie et celle à être organisée. Or à notre connaissance, et d'après nos observations d'enfants manipulant des procédures (Lemerise & Kayler 1986; Lemerise 1988), au moins cinq caractéristiques procédurales devraient être connues et mises en pratique par quiconque veut atteindre un premier niveau de compréhension en ce domaine. Nous tenterons donc de définir le plus opérationnellement possible ces cinq caractéristiques procédurales et de voir comment leur interrelation assure une compréhension plus stable et plus complète de la notion de procédure.

Description des habiletés initiales en programmation structurée

A la base, la capacité à programmer de façon structurée fait appel à deux grands types d'habiletés: l'habileté à créer des procédures et l'habileté à manipuler des procédures.

L'habileté à créer des procédures réfère aux compétences du programmeur à définir une procédure. Définir une procédure c'est d'abord sélection-

ner les actions Logo jugées utiles pour reproduire une forme, un effet ou un dessin particulier; c'est ensuite regrouper, sous un seul vocable, la série d'actions choisies pour représenter l'objectif visé. La mise en procédure demande qu'un lien d'équivalence soit établi entre le nom de la procédure et la liste ordonnée des actions qui la composent. Chaque procédure correspond certes à un produit facilement identifiable par le sujet qui l'a construite, mais chaque procédure exprime aussi un processus précis de construction et il importe que l'apprenti-programmeur puisse se représenter ou retracer la liste d'actions générant chaque production.

Sitôt définie, la procédure est appelée à être manipulée.

En Logo, l'habileté à manipuler des procédures réfère à au moins quatre types d'habiletés spécifiques: 1) l'habileté à modifier une procédure; 2) l'habileté à transformer une procédure; 3) l'habileté à exporter une procédure; et 4) l'habileté à organiser entre elles plusieurs procédures.

1) L'habileté à modifier une procédure réfère aux initiatives du sujet pour soit ajouter une commande, la modifier ou la retrancher dans une procédure déjà définie. Souvent, par exemple, les enfants vont ajouter de la couleur (un FCC ou un FFG) dans leur procédure, ou encore ils modifient une longueur mieux adaptée à leur besoin du moment, ou plus simplement encore, ils corrigent, suite à un résultat inattendu, une ou des erreurs de copie. Plus tard, certains définiront directement dans l'éditeur certaines procédures, sachant fort bien qu'ils pourront la modifier si le résultat ne concorde pas à leur attente.

2) L'habileté à transformer une procédure consiste à créer une nouvelle procédure à partir d'une procédure déjà existante. La nouvelle procédure se différencie souvent de la procédure-mère par des variations mineures de commandes. Par exemple, les procédures CARRE1, CARRE2 ne sont que des reprises agrandies ou rétrécies d'un CARRE précédemment défini. Dans d'autres cas, c'est un besoin de symétrie qui est à l'origine d'une transformation: telles ces procédures-miroirs qui demandent d'adapter l'orientation de certains angles bien spécifiques (transformation d'une procédure initiale OEIL en une procédure complémentaire OEILGAUCHE; ou OCTOGONE qui donne naissance à OCTOGONEGAUCHE). La transformation d'une procédure se différencie donc de la modification d'une procédure en ce qu'elle génère une seconde procédure; elle augmente le nombre de procédures qu'un sujet a à son actif dans sa banque de procédures.

3) L'habileté à exporter des procédures réfère pour sa part à l'utilisation répétée et variée d'une même procédure dans plus d'un projets. La procédure ainsi exportée peut avoir été définie isolément ou dans le cadre d'un projet particulier. Par exemple, une forme géométrique créée isolement

est réutilisée dans un ou plusieurs autres projets; ou encore, une procédure (un SOLEIL, un OISEAU, un effet FLASH) créée pour un premier projet est empruntée pour un second projet. L'exportation d'une procédure n'est toutefois pas toujours facile, voire réalisable directement (les déplacements étant souvent inclus dans la procédure). Aussi, dans certaines circonstances, le jeune programmeur exportera tantôt un nombre limité d'instructions Logo, tantôt une formule clé facilement dégageable du reste de la procédure, "exportant" alors l'élément principal de la procédure plutôt que sa liste exhaustive de commandes!

4) L'habileté à organiser des procédures avec d'autres procédures est l'habileté la plus souvent associée à la programmation structurée en Logo. Plusieurs auteurs définissent en effet, implicitement ou explicitement, la programmation structurée comme une habileté à créer des programmes où procédures et sous-procédures sont logiquement et économiquement emboîtées. Certes, des niveaux élevés de sophistication peuvent être atteints dans ce domaine, mais nonobstant ces niveaux, l'habileté à organiser des procédures réfère toujours à la capacité d'utiliser des tous (des procédures) comme des éléments et à les organiser entre eux pour créer une nouvelle entité. Un jeune programmeur qui crée une procédure FLEUR en plaçant dans différentes positions une même procédure CARRE, un programme ARAIGNEE qui appelle OCTOD puis OCTOG, ou encore une série de procédures — TETE, CORPS, BRAS, JAMBES — réunies sous une super-procédure BONHOMME sont autant d'exemples différents d'organisation procédurale. L'organisation procédurale est en quelque sorte une répétition, à un deuxième niveau, de l'opération de définition de procédure (habileté 1), à la différence près que les entités alors sélectionnées et organisées ne sont plus uniquement des actions simples, mais aussi des regroupements d'actions (des procédures).

Le Tableau 1 rappelle pour chacun des deux grands types d'habiletés procédurales, la nature des différentes opérations chaque fois applicables à des instructions Logo. Ce tableau résume ainsi à sa façon les cinq grandes caractéristiques procédurales: à savoir, la propension de la procédure à être définie, modifiée, transformée, exportée et organisée.

Premier niveau de compétence en programmation structurée: une compréhension extensive de la notion de procédure

Ainsi, la procédure est multifonctionnelle; elle appelle une variété d'opérations s'appliquant à des actions ou des groupes d'actions Logo. L'habileté à exercer une opération procédurale de façon isolée n'est évidemment pas aussi significative que la capacité à appliquer l'ensemble de ces opérations. Aussi proposons-nous ici un premier niveau de compétence en programmation structurée qui correspond à une représentation multifonctionnelle de la procédure et qui se traduit par une capacité à appeler et à exercer l'ensemble des opérations procédurales dans le cadre d'un même projet. La

figure 1 illustre les interrelations pressenties entre ces opérations et permet de mettre en perspective la place que chacune d'elles occupe dans l'organigramme des habiletés initiales en programmation structurée.

Tableau 1
Identification des opérations correspondant à chacun des deux grands types d'habiletés en programmation structurée.

Types d'habiletés	Série d'opérations applicables à des instructions Logo	
Créer des procédures	<i>Définir</i>	<ul style="list-style-type: none"> - sélectionner - regrouper - nommer
	<i>Modifier</i>	<ul style="list-style-type: none"> - rectifier - ajouter - retrancher
Manipuler des procédures	<i>Transformer</i>	<ul style="list-style-type: none"> - varier - substituer
	<i>Exporter</i>	<ul style="list-style-type: none"> - réutiliser - organiser
	<i>Organiser</i>	<ul style="list-style-type: none"> - emboîter - relier (interface) - définir (superprocédure)

Définir et Organiser occupent clairement des positions clé; les autres opérations deviennent cependant d'autant plus importantes qu'elles supportent, renforcent l'une et l'autre de ces opérations centrales: Modifier et Transformer se greffent directement sur Définir, la consolidant, l'enrichissant tout en favorisant la concrétisation du lien d'équivalence existant entre le nom de la procédure et sa liste ordonnée d'actions. Exporter se rattache plus, pour sa part, à l'opération Organiser, lui offrant "une banque de données" pour utilisation directe ou indirecte. L'opération Organiser est cruciale en ce que toutes les opérations tendent à y aboutir; de plus, elle boucle le processus de programmation, revenant nécessairement à l'opération Définir (quoiqu'à un niveau d'abstraction différent). Un tel schéma confirme le rôle important donné par les auteurs aux opérations Définir et Organiser, tout en illustrant le rôle des autres opérations dans le processus menant à une maîtrise réelle et à une compréhension stable de la notion de procédure.

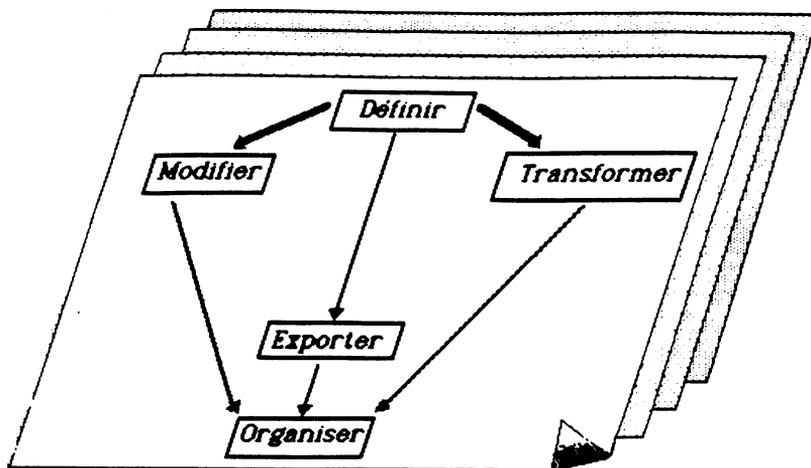


Figure 1
Schéma des interrelations entre les opérations procédurales
au premier niveau de compétence

Le premier niveau de compétence dont il est question ici traduit donc un gain majeur au niveau de l'identification et de l'utilisation des opérations procédurales. Il n'est pas assuré cependant que dans un premier temps, l'apprenti-programmeur pourra appliquer cette nouvelle connaissance à une multitude de situation-problèmes; le champ d'application demeurera restreint jusqu'à ce que d'autres habiletés parallèles, permettant d'appliquer ces mêmes opérations à des situations plus complexes, soient développées. *Donc, ce qui importe à ce premier niveau n'est point tant l'extension du champ d'application, mais bien l'extension du répertoire des habiletés procédurales.* L'exercice des cinq opérations procédurales dans le cadre de projets variés, même élémentaires, risque d'être plus bénéfique pour le développement de l'apprenti-programmeur – parce que consolidant les liens entre les opérations – que toute recherche hâtive d'application à des situations de plus en plus complexes. Mais comment les enfants peuvent-ils parvenir à ce premier niveau de compétence en programmation structurée? Quel type de support pédagogique serait le plus apte à en favoriser le développement? Ici encore les données d'observation recueillies dans le cadre de différents projets Logo nous permettent d'élaborer les grandes lignes d'une démarche susceptible d'épauler les enfants dans leur appropriation active de l'ABC de la programmation structurée.

Modalité d'accès au premier niveau de compétence en programmation structurée

D'une part, les données d'observations issues de projets dits structurés (Hillel & Samurçay 1985, Leron 1985, Marcotte 1989) montrent que des

enfants de 10 - 12 ans, fraîchement initiés à la programmation structurée, peuvent facilement exercer les opérations procédurales lorsqu'une demande explicite de le faire leur est adressée et que la situation proposée est relativement peu complexe.

D'autre part, les observations d'enfants oeuvrant dans le cadre de projets libres (Lemerise & Kayler 1986, Papert et al. 1979), nous permettent de constater trois choses, fort importantes ici pour notre propos:

1) Ce n'est que progressivement que les enfants identifient et surtout regroupent spontanément les opérations procédurales. En effet, les enfants débutants appliquent les opérations procédurales parfois une à la fois, mais le plus souvent deux à deux : dans un projet donné, ils définissent et modifient; dans un autre, ils transforment et organisent; ou encore ils définissent et organisent, etc. Ce n'est que progressivement que certains enfants parviendront à utiliser trois, quatre ou cinq opérations dans le cadre d'un même projet

2) Les enfants les plus à l'aise en programmation structurée sont ceux qui ont effectivement eu l'occasion d'exercer les différentes opérations dans l'un ou l'autre de leur projet Logo. Les enfants qui, pour leur part, s'en sont toujours tenus aux deux opérations les plus "flamboyantes" (définir et organiser), négligeant toute expérience avec les autres opérations (modifier, transformer, exporter), plafonnent plus tôt, rencontrant très rapidement des difficultés de gestion procédurale bien au-delà de leur niveau d'habiletés acquises. Les enfants ayant utilisé les cinq opérations trouvent, par contre, plus facilement des projets à leur niveau et parviennent ainsi à finaliser sans trop de problèmes de nombreux projets appelant trois, quatre ou cinq opérations procédurales.

3) Dans un groupe, c'est toujours une minorité d'enfants qui parvient à apprivoiser spontanément (dans le cadre de leurs projets, découvertes et initiatives) les cinq caractéristiques procédurales. La majorité requiert du support pour y arriver.

De ces observations issues de l'un et l'autre des environnements Logo étudiés (structurés ou libres), nous retenons l'importance pour les enfants d'être guidés dans le processus de découverte et d'assimilation des opérations procédurales; le processus de découverte spontanée n'est observé que chez quelques enfants seulement et est toujours soumis aux aléas des projets choisis par ceux-ci. Nous retenons aussi l'importance d'exercer pour elles-mêmes chacune des opérations procédurales, puis de les paier progressivement à d'autres opérations dans le cadre de projets présentant, par ailleurs, peu de problèmes d'autre nature. S'inspirant de ces considérations, un projet pilote fut élaboré en vue d'application à des enfants de 10-12 ans encore peu familiers avec Logo. Le but anticipé du projet était essentiellement d'offrir à des apprenti-programmeurs une expérience de base, mais réelle et concrète, dans l'utilisation de chacune des cinq opérations procédurales.

Elaboration et application d'un projet pilote d'initiation à la programmation structurée

Le projet pilote élaboré vise à créer un environnement pédagogique susceptible de supporter le développement de la pensée procédurale tout en guidant les enfants vers un premier niveau de compétence dans le domaine de la programmation structurée. Un environnement pédagogique proposant des situations pertinentes (reliées directement aux objectifs visés), variées (référant à plus d'un contexte) et adaptées à l'enfant (respectant les différents rythmes et laissant place aux initiatives personnelles) fut retenu. Déjà à l'époque, plusieurs auteurs en quête d'environnement adéquat pour l'application de leur micro-monde respectif (voir Côté & Kayler, 1987; Gurtner, sous presse; et Hoyles & Noss, 1987) privilégiaient des environnements pédagogiques où initialement des balises étaient posées, des orientations suggérées et des objectifs précis d'apprentissage visés, mais où parallèlement beaucoup de latitude était donnée à l'enfant pour explorer et apprivoiser les notion-cibles à un rythme et dans des perspectives propres à chacun.

Le projet-pilote est offert à un groupe de dix enfants de 10-12 ans d'une classe multi-âge. Le projet s'échelonne sur une dizaine de semaines, au rythme de deux séances/semaine d'une trentaine de minutes chacune. Chaque enfant a accès à un ordinateur; neuf des dix enfants sont débutants en Logo. Cinq des participants sont en 5^{ième} année, cinq sont en 6^{ième}; cinq des enfants sont des garçons, cinq sont des filles. Deux personnes-ressources guident et, au besoin, informent les enfants tout au long du projet. Deux types d'interventions sont ainsi privilégiés: une intervention en réponse aux demandes spécifiques de chaque enfant et une intervention, dite ponctuelle, où l'intervenant profitant de moments jugés opportuns ou propices propose des projets spécifiques ou introduit de nouvelles informations ou techniques de travail. Ce projet-pilote d'initiation à la programmation structurée constitue une toute première étape d'un projet plus vaste visant la promotion et l'évaluation de tout un ensemble d'habiletés procédurales (Marcotte (1989) et Dessureault (1989) décrivent d'autres étapes du projet). La partie de projet sur laquelle nous nous attarderons ici est appelée projet-pilote; elle vise essentiellement à évaluer dans quelle mesure l'environnement proposé permet aux enfants qui y sont soumis d'acquérir des bases communes de compétence dans le domaine des habiletés procédurales, et à déterminer de quelle façon les bases ainsi acquises pourront servir de tremplin au développement ultérieur d'habiletés plus sophistiquées dans le domaine.

Concrètement, le projet-pilote propose une série de mises en situations susceptibles de favoriser l'exercice des cinq opérations procédurales décrites plus haut. La mise en situation initiale, par exemple, demande aux enfants de se constituer une banque de formes géométriques; l'objectif de base est de favoriser la construction de formes et leur mise en procédure, avec l'idée de

permettre aussi à chaque enfant de se constituer une banque de procédures pour utilisation ultérieure dans d'autres projets. Les enfants définissent donc, au goût, trois ou quatre formes géométriques exerçant directement ainsi l'habileté à définir des procédures. La seconde mise en situation propose la construction de masques avec comme seuls éléments de base, des formes géométriques. Ce projet entraîne inévitablement la modification ou/et la transformation des formes déjà définies: les formes trop petites ou trop grandes étant tantôt agrandies ou rapetissées ou encore des nouvelles procédures élargissant l'éventail des choix possibles définissent une même forme en format petit, moyen ou grands, ou encore en rouge, bleu ou vert. Des idées de nouvelles formes, générées par une compréhension souvent intuitive de la relation entre nombre de "rèpète" et la grandeur des angles, entraînent aussi la définition de nouvelles figures géométriques, traditionnellement moins connues (pentagones, hexagones, octogones). Donc, avant même d'organiser les différentes formes pour la réalisation du masque, les habiletés à modifier et à transformer sont fréquemment exercées. La réalisation du masque a évidemment favorisé l'exercice de l'organisation de procédures et ce dans un contexte où les interfaces ne faisaient pas encore problème, puisque non présents dans les procédures de la banque de formes. Enfin, l'opération d'exporter est ici omniprésente, puisque d'une part la construction du masque exige des emprunts à la banque de formes et que d'autre part, plus d'un masques étant réalisés, les mêmes formes se retrouvent à l'occasion dans des masques différents. Suite à cette première ronde d'initiation aux cinq opérations procédurales, les mêmes cinq opérations sont rappelées et exercées dans le cadre d'un autre projet (banque de lettres; projet de messages de Noël) fournissant ainsi, une nouvelle occasion et un nouveau contexte pour l'exercice des cinq habiletés.

Dans le cadre de tels projets, l'action de l'enfant est évidemment primordiale, mais l'impact de cette action sera d'autant plus fort, si une possibilité de réflexion sur l'action est aussi offerte aux enfants (Hoyles 1985a, 1985b; Lemerise, sous presse; Piaget 1974). Des séances d'échange et de discussion furent donc intégrées dans le devis d'intervention, permettant aux enfants de nommer, exemplifier, comparer les différentes opérations procédurales effectivement utilisées par chacun lors de la réalisation des projets.

Le projet-pilote a donc permis l'initiation de chaque enfant à un répertoire de compétence jugé fondamental pour le développement ultérieur des habiletés en programmation structurée. Les mises en situation subséquentement proposées par Marcotte (1989) au même groupe d'enfants permettent, dans un premier temps, d'évaluer les compétences effectivement acquises par les enfants dans le cadre du projet-pilote. Marcotte confirme que tous les enfants (n=10) impliqués dans le projet-pilote peuvent *sur demande*, et dans le cadre de *projets simples* résoudre des problèmes à l'aide de procédures et sous-procédures. L'auteure montre par ailleurs que, dans le

cadre de situations complexes, des limites dans les possibilités d'application des habiletés acquises sont observées. Marcotte note aussi, à l'instar d'autres auteurs, que dans les cas où il n'est pas explicitement demandé aux enfants d'utiliser des procédures pour réaliser leur projet, son utilisation diminue effectivement, même chez ceux déclarés compétents à le faire. Il ressort donc que le choix des enfants d'utiliser ou non l'approche procédurale repose tantôt sur une préférence pour une stratégie alternative: certaines verbalisations des enfants sont révélatrices à ce sujet ("ça vaut pas la peine de le faire en procédure ici"; "ça va plus vite sans procédure!"). En d'autres occasions, c'est plutôt le niveau de difficulté de la tâche qui dicte le choix de stratégie ("tout à l'heure j'ai essayé avec des procédures et ça n'a pas marché, alors ..."; "c'est trop mêlant de faire ça avec des procédures"). L'enfant s'avoue ici "pas assez compétent" pour naviguer dans les dédales de la programmation structurée.

Au premier coup d'oeil, les données rapportées par Marcotte (1989) ressemblent aux données des autres auteurs ayant initié des enfants du même âge à la programmation structurée. Pourtant des nuances, tant au niveau des données elles-mêmes qu'au niveau de l'interprétation de ces données, permettent de différencier cette recherche des précédentes. Les enfants ayant expérimenté le projet-pilote ont tous acquis une expérience de base en manipulation procédurale. Le concept de procédure a pris forme; les cinq propriétés fondamentales de la procédure ont été apprivoisées à travers diverses applications et discussions. *Les enfants sont devenus compétents – dans le cadre de certaines limites – à définir, modifier, transformer, exporter et organiser des procédures.* Ces habiletés sont évidemment de premier niveau, mais elles ne sont pas à balayer du revers de la main parce qu'elles ne suffisent pas à hisser l'apprenti-programmeur à un deuxième niveau de compétence (habiletés à définir des procédures toujours indépendantes les unes des autres, habiletés à coordonner et à gérer des interfaces entre procédures, habiletés à procéder à des emboîtements complexes des procédures, etc.).

L'apprentissage et le développement sont des processus continus; lorsqu'un premier niveau est atteint, de nouvelles habiletés doivent être développées pour permettre l'atteinte d'un second niveau de compétence, etc. Ainsi, pour aller au-delà du premier niveau de compétence en manipulation procédurale, d'autres habiletés devront être acquises et venir se greffer sur les habiletés de base déjà introduites et exercées. Une réflexion sérieuse sur le type d'habiletés subséquentes à faire acquérir, s'impose toutefois. Essentiellement deux grandes voies de progrès sont envisageables suite à l'atteinte d'un premier niveau de compétence dans un domaine donné. Nous décrivons brièvement ci-dessous chacune de ces voies et expliquons en quoi l'une nous apparaît plus favorable que l'autre pour compléter les progrès déjà acquis – nécessaires, mais non suffisants – dans le domaine de la pensée procédurale.

Perspectives et prospectives sur le développement des habiletés procédurales en Logo

Une première voie de progrès susceptible d'être empruntée est celle favorisant des progrès de type vertical, c'est-à-dire ceux menant toujours plus loin dans le développement des compétences reliées à un même domaine spécifique. Hillel & Samurcay (1985), Marcotte (1989) Dessureault (1989), pour n'en citer que quelques uns, optent pour cette première voie lorsqu'ils tentent d'amener les enfants à la maîtrise d'habiletés de manipulation procédurale de plus en plus sophistiquées (gestion des interfaces, emboitements complexes de procédures, utilisation de la variable). La seconde voie possible de progrès s'appuie, pour sa part, sur des progrès de type horizontal, c'est-à-dire ceux favorisant le développement d'habiletés dans des domaines connexes. Les observations de Lawler (1981, 1985), relativement aux différents sous-systèmes d'habiletés développés parallèlement chez un même sujet, offrent un exemple intéressant d'une telle voie.

Règle générale, les chercheurs et pédagogues privilégient les progrès de type vertical, ceux qui tendent le plus directement possible à rendre l'apprenant compétent dans le domaine de connaissance ciblé. Toutefois, dans le cas particulier qui nous occupe ici — celui de débutants en Logo ayant fraîchement atteint un premier niveau de compétence en pensée procédurale — nous avons plutôt tendance à opter, dans un premier temps, pour des progrès de type horizontal. Les considérations suivantes justifient notre choix. D'une part, l'observation répétée de limites rapidement atteintes par les sujets placés en contexte favorisant le développement d'habiletés procédurales plus sophistiquées (Dessureault 1989, Hillel & Samurcay 1985, Marcotte 1989) nous amènent à conclure à un impact mitigé de l'approche prioritairement centrée sur des progrès de type vertical. De plus, nombreuses sont les données d'observation qui montrent que l'application des opérations procédurales est très souvent laissée en plan par les sujets pour cause de compétences non suffisantes dans des domaines connexes. Combien de fois avons-nous constaté dans le cadre de nos études sur le développement de la pensée procédurale que tantôt c'était des habiletés de construction géométrique qui étaient en manque chez les enfants, alors qu'à d'autres occasions, c'était plutôt les habiletés de "debugging" qui faisaient pitre figure et entravaient la bonne application des opérations procédurales. De tels constats sont fréquents dans la littérature Logo, et les concepteurs et premiers utilisateurs avaient déjà anticipé et observé cette relation entre les nombreuses composantes de Logo. Le multipartisme de Logo est donc un second facteur appuyant ici le choix de la voie préférentielle des progrès de type horizontal.

Logo est en effet un macro-monde constitué d'une série de micro-mondes tous hautement reliés entre eux, mais quand même notionnellement

distincts. Les habiletés de manipulation procédurale décrites plus haut constituent un sous-système d'habiletés où les opérations sur les actions ou groupe d'actions (voir Tableau 1) sont temporairement privilégiées. Mais ces opérations portent sur des actions ou instructions Logo qui font elles-mêmes appel à des habiletés de construction géométrique (maîtrise de règles de construction impliquant angles et longueurs, symétrie et complémentarité, etc.). Ces deux premiers sous-groupes d'habiletés, jamais totalement imperméables aux erreurs ou errances, doivent compter sur l'aide d'un autre sous-système d'habiletés capable d'identifier, de repérer, d'interpréter et de corriger (habiletés de "debugging") ce qui est jugé inadéquat. Voilà donc trois sous-systèmes d'habiletés qui se complètent et se chevauchent; l'atteinte d'un premier niveau de compétence dans chacun de ces systèmes apparaît alors une étape importante à franchir, étape qui pourra éventuellement servir de tremplin à des progrès ultérieurs, ceux-là de type vertical.

Il n'y a évidemment rien de très révolutionnaire dans l'idée de favoriser dans un premier temps des progrès de type horizontal, progrès axés ici sur le développement des différents sous-systèmes de compétence inhérents à Logo. Ce qui est nouveau toutefois, ce sont les moyens maintenant à disposition pour réaliser cet objectif. Le récent courant de recherche axé à la fois sur l'identification des habiletés à promouvoir pour chaque micro-monde et sur la promotion de contextes pédagogiques aptes à en supporter le développement, fournit enfin des outils de travail et des points de repère concrets aux chercheurs et pédagogues qui veulent, à travers Logo, favoriser le développement de la logique des actions. Récemment, Klahr et McCoy Carver (1986, 1988), ont exploré minutieusement le micro-monde spécifique des habiletés de "debugging", identifiant quelles habiletés les enfants se devaient de maîtriser dans ce domaine et proposant un contexte pédagogique leur permettant effectivement de les acquérir. Parallèlement, Coté (1987, 1989), Kieran (1985), Hoyles & Noss (1987) ont analysé plus en détail le micro-monde des habiletés de construction géométrique tentant aussi d'identifier les compétences spécifiques à acquérir dans ce domaine. Participant à ce même courant de recherche, nous avons tenté ici d'identifier et de définir les habiletés assurant d'une compétence de base en manipulation procédurale tout en proposant un environnement pédagogique susceptible d'épauler les enfants dans la maîtrise de ces habiletés. Les recherches actuelles tendent donc à définir le plus opérationnellement possible les compétences spécifiques à acquérir dans chaque micro-monde. L'objectif visé est de pouvoir offrir à l'apprenant l'opportunité de se familiariser avec les outils de base, outils devant être utilisés en synchronie lors de la résolution de problèmes Logo. L'analogie de la boîte à outils est intéressante ici pour situer l'origine et l'orientation de recherches et interventions visant à permettre à l'enfant d'identifier, d'exercer et de maîtriser des séries d'habiletés bien spécifiques.

Ainsi, le développement de la pensée procédurale, même s'il se rapporte plus spécifiquement aux habiletés de regroupement d'actions et de manipulation de groupes d'actions, ne peut faire fi des habiletés liées à

l'identification des actions possibles et géométriquement pertinentes, ni plus que des habiletés de repérage d'actions erronnées entravant la bonne réalisation du projet anticipé. Dans un premier temps, il importe donc de bien outiller l'apprenant pour chacun des sous-systèmes d'habiletés identifiés en interaction dans le macro-monde proposé. La maîtrise de ces premiers niveaux d'habiletés constituera alors le tremplin par excellence pour partir à la quête de nouveaux progrès, cette fois de type vertical.

NOTES

1. Propos rapporté par une enfant de 11 ans dans le cadre d'une discussion de groupe sur les habiletés procédurales des 10-12 ans en Logo.
2. J'aimerais remercier les professeurs Benoît Côté et Camil Bouchard pour les commentaires apportés à la première version de cet article. Une subvention FCAR du Ministère de l'Éducation du Québec a permis à l'auteure et à son groupe de travail de réaliser les recherches à la base du présent article.

RÉFÉRENCES

- Côté, B. (1989). Les deux tortues: logiciel de construction et d'exploration en mathématiques pour le primaire et le secondaire. Document inédit, Département de mathématique et d'informatique, Université du Québec à Montréal.
- Côté, B., & Kayler, H. (1987). Geometric constructions with turtle and on paper by 5th and 6th grade children. Proceedings of the third Conference for Logo and Mathematics Education. Dept. of Mathematics, Concordia University, Montréal.
- Dessureault, C. (1989). Analyse de niveaux de compétence observés relativement à la compréhension et à l'utilisation de la variable en Logo chez des enfants de 10-12 ans préalablement soumis à une familiarisation progressive dans le domaine. Document inédit. Mémoire de Maîtrise en Psychologie, Université du Québec à Montréal.
- Grenier, C. (1989). La pensée procédurale chez l'enfant de 5^{ième} et 6^{ième} année. Document inédit. Mémoire de Maîtrise en Psychologie, Université du Québec à Montréal.
- Gurtner, J.L. (sous presse). Between Logo and mathematics: a road of tunnels and bridges. In C. Hoyles & R. Noss (Eds), *Learning Mathematics and Logo*. Cambridge: MIT Press.
- Hillel, J., & Samurcay, R. (1985). Analysis of a Logo environment for learning the concept of procedures with variable. Rapport de recherche, Université Concordia, Montréal.
- Howe, J. (1980). Developmental stages in learning to program. In F. Klix & J. Hoffman (Eds.), *Cognition and memory: interdisciplinary research of human memory activities*. Amsterdam: North-Holland.
- Hoyles, C. (1985a). What is the point of group discussion in mathematics? *Educational Studies in Mathematics* 16, 205-214.
- Hoyles, C. (1985b). Developing a context for Logo in School Mathematics. *The Journal of Mathematical Behavior*, 4, 237-256.

- Hoyles, C., & Noss, R. (1987). Children working in a structured Logo environment: From doing to understanding. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 8(12), 131-174.
- Karmiloff-Smith, A. (1979). Problem-solving procedures in children's construction and representations of closed railway circuits. *Archives de Psychologie*, XLVII(180), 37-59.
- Karmiloff-Smith, A. (1984). Children's problem solving. In M.E. Lamb, A.C. Brown, & B. Rogoff (Eds.), *Advances in developmental psychology*, Vol. 3, Hillsdale: Erlbaum.
- Kieran, C. (1985). The evolution of geometric thinking among 10 and 11 year olds using Logo. Proceedings of the Second Logo and Mathematics Education Conference, Institute of Education, University of London.
- Klahr, D., Robinson, M. (1981). Formal assessment of problem-solving and planning processes in preschool children. *Cognitive Psychology*, 13, 113-148.
- Klahr, D. & McCoy Carver, S. (1988). Cognitive objectives in a Logo debugging curriculum: Instruction, learning and transfer. *Cognitive Psychology*, 20, 362-404.
- Lawler, R. (1981). The progressive construction of mind. *Cognitive Science*, 5, 1-30.
- Lawler, R. (1985). *Computer experience and cognitive development*. Chichester, Angleterre: Ellis Horwood Ltd.
- Lemerise, T. (1988). Developmental factors for attaining a first level of competence in procedural thinking in Logo. Proceedings of PME XII, OOK Printing House, Hungary. Vol. II, 463-471.
- Lemerise, T. (Sous presse). On intra- and inter-individual differences in children's learning styles. In C. Hoyles, & R. Noss (Eds.), *Learning Mathematics and Logo*. Cambridge: MIT Press.
- Lemerise, T., & Kayler, H. (1986). An essay on the epistemology of learning: A longitudinal analysis of the progressive growth of competence in children doing Logo. Proceedings of the tenth international conference in Psychology of Mathematics Education. London, England.
- Lemerise, T., Dessureault, C., & Marcotte, L. (Sous presse). Elaboration d'un environnement Logo favorable au développement d'habiletés en manipulation procédurale. *Educational Study in Mathematics*.
- Leron, U. (1985). Logo today: Vision and reality. *The Computing Teacher*, 12(5), 26-32.
- Marcotte, L. (1989). Elaboration de mises en situation pour le développement et l'apprentissage d'habiletés de pensée procédurale en Logo chez des enfants du 2ième cycle du primaire. Document inédit. Mémoire de maîtrise en Psychologie, Université du Québec à Montréal.
- Marcotte, L., & Dessureault, C. (1987). Projet Logo: École Nouvelle Querbes. Initiation à la pensée procédurale en Logo. Document inédit. Université du Québec à Montréal.
- McCoy Carver, S., & Klahr, D. (1986). Assessing children's Logo debugging skills with a formal model. *Journal of Educational Computing Research*, 2(4), 487-525.
- Mendelsohn, P. (1985a). L'analyse psychologique des activités de programmation chez l'enfant de CM1 et CM2. *Enfance*, 2-3, 213-221.
- Mendelsohn, P. (1985b). L'enfant et les activités de programmation. *Grand N*. No 35, 47-60.

- Noss, R. (1985). Creating a mathematical environment through programming: A study of young children learning Logo. Doctoral thesis. University of London, England.
- Papert, S., Watt, D., diSessa, A., & Weir, S. (1979). Final report of the Logo project in the Brookline Public School. Memo 53, M.I.T. Cambridge.
- Pea, R., & Kurland, M.D. (1984). On the cognitive effects of learning computer programming. *New Ideas in Psychology*, 2(2), 137-168.
- Piaget, J. (1974). *Réussir et comprendre*. Paris, PUF.

Tamara Lemerise, a professor in the Department of Psychology of the Université du Québec à Montréal, completed her post-graduate studies at the Université de Montréal. Her research interests are in the areas of social interaction and peer tutoring among elementary school children; implanting scientifically oriented leisure activities for 9-12 year old girls; and of computers and education. Over the last several years Professor Lemerise has published many articles in the field of Logo, learning and development.

Tamara Lemerise, professeure au département de psychologie de l'Université du Québec à Montréal, a complété ses études supérieures à l'Université de Montréal. Ses recherches se concentrent sur les interactions sociales et le monitorat pédagogique chez les enfants du primaire, l'implantation d'une ressource en loisirs scientifiques chez les filles de 9 à 12 ans, et l'ordinateur en éducation. Au cours des dernières années, Madame Lemerise a publié de nombreux articles sur le Logo ainsi que sur l'apprentissage et le développement.

