

L'ordinateur au secours de l'inadaptation

Serge Larivée and Nicole Michaud

Volume 6, Number 3, Fall 1980

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/900297ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/900297ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Revue des sciences de l'éducation

ISSN

0318-479X (print)

1705-0065 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Larivée, S. & Michaud, N. (1980). L'ordinateur au secours de l'inadaptation. *Revue des sciences de l'éducation*, 6(3), 451–472. <https://doi.org/10.7202/900297ar>

Article abstract

L'utilisation de l'ordinateur à des fins thérapeutiques est une idée relativement récente. Dans un premier temps, les auteurs présentent ici les principes de base d'utilisation du projet Logo mis au point par Papert. Dans un second temps, un exemple vient illustrer les principes énoncés. Dans un troisième volet les auteurs présentent un ensemble de réflexions sur quelques liens entre le projet Logo, le processus d'équilibration de Piaget et la rééducation.

L'ordinateur au secours de l'inadaptation

Serge Larivée et Nicole Michaud *

RÉSUMÉ

L'utilisation de l'ordinateur à des fins thérapeutiques est une idée relativement récente. Dans un premier temps, les auteurs présentent ici les principes de base d'utilisation du projet Logo mis au point par Papert. Dans un second temps, un exemple vient illustrer les principes énoncés. Dans un troisième volet les auteurs présentent un ensemble de réflexions sur quelques liens entre le projet Logo, le processus d'équilibration de Piaget et la rééducation.

Présentation

La théorie de Piaget a donné lieu à des recherches et à des intuitions des plus diversifiées. L'une des intuitions les plus fécondes de ces dernières années est le lien entre les concepts de la cybernétique et ceux du développement de l'intelligence. C'est en travaillant aux problèmes des relations entre l'intelligence artificielle et l'intelligence humaine que Papert a mis sur pied le projet Logo. Ce projet a été spécialement conçu pour aider les enfants à développer d'abord les structures mentales nécessaires à l'acquisition des procédures mathématiques dont le langage par ailleurs permet une généralisation à d'autres domaines quelquefois fort éloignés de la mathématique (Papert, 1972 a, 1972 b ; Papert et Solomon, 1972 ; Papert, 1976 b).

D'autre part, notre expérience clinique auprès de sujets en difficulté d'adaptation nous a sensibilisé au fait qu'un problème adaptatif n'est jamais seulement d'ordre affectif ou social, mais aussi d'ordre cognitif. Un premier contact avec Logo nous a appris non seulement que sa conception et ses modalités d'utilisation rejoignaient le système piagétien, mais pourraient aussi être profitables comme activité rééducative.

* Larivée, Serge : professeur, Université de Montréal
Michaud, Nicole : psycho-éducatrice, C.E.C.M.

Le but de cet article est de présenter un premier ensemble de réflexions suite à une tentative de liens entre le projet Logo, le processus d'équilibration de Piaget et la rééducation.

Pour atteindre ce but, nous situerons d'abord brièvement l'histoire du projet Logo. Dans un deuxième temps, nous exposerons les principes de base de son utilisation. Nous présenterons ensuite un exemple susceptible d'éclairer les dits principes.

Bref historique et description de l'appareil

Historique

Le projet Logo a vu le jour en 1968 au laboratoire d'intelligence artificielle du Massachusetts Institute of Technology à Cambridge. Son concepteur est le mathématicien, cybernéticien et piagétien Seymour Papert. Vers les années 1970, Guy Montpetit, disciple de Papert, a implanté le projet Logo au Québec (Cégep Édouard-Montpetit) grâce à une subvention du Ministère de l'éducation. En 1976, son utilisation à des fins rééducatives vit le jour au Centre d'Orientation, internat pour enfants surdoués et émotionnellement perturbés, ainsi qu'à Boscoville, Centre d'accueil pour adolescents délinquants.

Les tenants de l'école piagétienne avaient convaincu le concepteur de Logo (Papert 1963, 1968, 1976 a) de la pertinence d'étudier l'intelligence artificielle pour mieux comprendre l'intelligence humaine.

Deux principaux obstacles se dressaient : la nature symbolique des langages informatiques et leur approche globale du réel. En effet, les langages informatiques en usage alors étaient essentiellement basés, sauf erreur, sur l'utilisation de symboles algébriques. Leur nature abstraite ne les rendait accessibles qu'à une minorité de spécialistes. D'autre part, les structures des langages informatiques basaient la mise en action des éléments de leurs langages sur l'utilisation des variables globales.

La préoccupation de Papert était de créer un langage informatique susceptible d'éliminer ces deux obstacles. Autrement dit, il s'agissait de mettre sur pied un langage informatique qui, d'une part, respecterait les règles de la pensée humaine et par conséquent tiendrait compte d'une approche locale du réel, et, d'autre part, rendrait accessible à tout le monde, et plus particulièrement aux enfants, l'utilisation des ordinateurs.

Pour rencontrer cet objectif, Papert et son équipe développèrent le langage Logo. Nous verrons ultérieurement les principes de base ou notions inhérentes à ce langage.

Description du matériel

Parallèlement au développement du langage Logo, Papert et son équipe créèrent l'instrumentation allant de pair avec celui-ci. Ils inventèrent un environnement de robots de toutes sortes, de boîtes à musique etc... dont le plus utilisé fut une tortue. À ses tous premiers débuts, il s'agissait d'un robot mécanique programmable ayant la possibilité de

se déplacer dans l'espace et de laisser des traces de la trajectoire parcourue grâce à un crayon placé en son centre.

La technologie étant ce qu'elle est, la tortue s'est progressivement métamorphosée en un petit triangle lumineux (Δ) qui se déplace sur un écran cathodique. À noter que la première tortue (robot) est encore utilisée.

Le nom de tortue donné au point de départ aux tortues robots fut conservé pour nommer le triangle sur l'écran. Pour les enfants, il est plus avantageux de parler d'un objet anthropomorphique que d'un triangle sur écran. Il n'est pas rare en effet de constater que les enfants prêtent à la tortue (le petit triangle) toutes sortes d'intentions. Le principe de base demeure toutefois le même : le déplacement de la tortue dans l'espace. Mais avec l'écran cathodique les possibilités sont multipliées presque à l'infini.

Le matériel maintenant utilisé à Boscoville et au Centre d'Orientation est un LSI/II (mini-ordinateur) muni de deux écrans cathodiques : un écran graphique sur lequel évolue la tortue et un écran de texte sur lequel s'imprime les commandes données par le sujet sur un clavier semblable à un dactylo.

Principes de base d'utilisation du projet Logo

Logo est un langage informatique. Conçu à la base dans l'idée d'être utilisé avec des enfants, il renferme donc des caractéristiques inhérentes à ce but. Parmi celles-ci, nous relevons principalement, un langage concret. Les mots du langage sont quotidiens et donc connus des sujets. De plus, ils font appel à des mouvements naturels de l'environnement humain : avance, recule, droite, gauche. Ce langage renvoie à un symbolisme significatif pour un sujet ne possédant aucune connaissance en informatique. Il s'appuie en outre sur une méthode heuristique permettant un tâtonnement fécond qui conduit le sujet à découvrir ses modalités d'apprentissage eu égard à ses objectifs.

Pour saisir un tant soit peu le projet Logo et la relation sujet-logo, il nous faut comprendre certains principes essentiels de base sous-tendus par cette approche pédagogique. Nous nous limiterons à six : la notion d'ÉTAT, de PROCÉDURE, de NAMING, de RÉCURSION, de BUG et de DÉBUGGING. Leur présentation dans cet ordre respecte une certaine logique. Il se peut cependant que le lecteur ait besoin d'une perspective d'ensemble pour arriver à les saisir dans leur interaction. À cet égard, l'exemple présenté aidera à l'intégration et à la compréhension desdits principes.

La notion d'état

La notion d'état fait référence à deux éléments du réel : le temps et l'espace. Il est bien évident que les deux paramètres sont constamment interreliés. Nous ne les distinguons ici que pour fin d'analyse.

Sur le plan spatial, le sujet rencontre la notion d'état dès ses premières manipulations de la tortue. À un niveau élémentaire, il peut s'agir de prendre conscience de l'état de la tortue à un moment précis de sa course. Le sujet cherche alors à cerner sa

direction et sa position. Ces deux variables de l'état de la tortue sont greffées à quatre principaux opérateurs de changement d'état, i.e. quatre commandements qui agissent directement sur la tortue pour la déplacer dans l'espace. Les commandements reliés à la variable direction sont DROITE et GAUCHE ; ceux reliés à la variable position sont AVANCE et RECULE. À un niveau plus élaboré, il s'agit de découvrir, de préciser, de cerner l'état d'un projet à un moment donné de sa réalisation, ce qui permet d'être situé dans ce projet en vue du débogging ou de sa continuation.

Sur le plan temporel de l'élaboration d'un projet en procédures, on aura compris qu'un état analysé à un moment précis dudit projet permet de tirer certaines conclusions vraies à ce moment-là, mais sujettes à être infirmées à un moment ultérieur de la démarche. Analyser l'état d'un projet à des temps différents permet d'en discerner et le déroulement temporel et les transformations encourues aux différentes séquences temporelles.

La notion de procédure

Dans la réalisation concrète d'un projet, la notion de procédure est l'élaboration de la suite logique d'une démarche visant l'atteinte d'un objectif. Elle constitue en quelque sorte l'élément structural que le sujet peut utiliser pour résoudre un problème. Elle est en fait sous-tendue par les notions d'organisation dans le temps et dans l'espace, de planification et d'élaboration de stratégies. Précisons maintenant ces trois notions. Le premier temps de la démarche de la réalisation d'un projet consiste dans l'établissement du problème d'apprentissage par le sujet lui-même. Dans un second temps, la planification illustrera le résultat désiré. Par la suite, selon le niveau d'évolution du sujet, il y a élaboration des moyens à prendre pour résoudre le problème. Troisièmement, l'essai d'application du processus découlant de la mise en place des moyens en système de procédures concrètes entraîne entre autre l'élaboration de stratégies de débogging eu égard aux résultats obtenus. Ces trois temps de la démarche, qui peuvent tout aussi bien se dérouler dans cet ordre ou concurremment pourraient se traduire dans l'intervention de l'éducateur comme le suggère Montpetit (1975) par : « fais quelque chose » et « enseigne à l'ordinateur comment le faire ».

Notre expérience clinique nous enseigne que les difficultés d'illustrer un résultat et d'en décortiquer les moyens entraînant une planification et une organisation des procédures, mettent plus souvent en évidence les difficultés du sujet lui-même que les difficultés objectives du projet et de ses objectifs.

La structure de procédure peut être simple ou complexe. Pour illustrer ces deux possibilités prenons le cas d'un sujet dont l'objectif est la réalisation d'un arbre. Dans le cas d'une structure de procédure simple, le sujet utilise une procédure globale i.e. une procédure à objectif unique. Dans le cas d'une structure de procédure complexe, le sujet utilise un ensemble de procédures locales, i.e. une procédure à objectifs multiples.

Dans le premier cas, le sujet utilise un schème additif qui consiste en une succession de commandes juxtaposées les unes aux autres sans différenciation effective des éléments

de l'arbre. Dans le second cas on assiste à une différenciation de l'objectif global en sous-objectifs et l'objectif final. L'ensemble de ces objectifs correspond aux notions de super-procédure, procédure et sous-procédure.

Une telle différenciation de l'objectif global et des sous-objectifs permet une description plus claire des moyens à prendre et engendre une suite d'actions plus opérationnelles.

En bref, la notion de procédure fournit au sujet une représentation de la séquence temporelle du processus impliqué dans l'objectif à atteindre. Le second procédé permet une plus grande généralisation. Traduit en termes piagétiens la structure de procédure simple correspond à un raisonnement intuitif alors que la structure de procédure complexe répond davantage à un raisonnement opératoire.

La notion de naming

L'activité de naming consiste à donner un nom significatif aux procédures. Cette opération risque au premier abord d'apparaître simpliste. En effet, quoi de plus facile que de nommer CARRÉ un carré. Cependant, les procédures ne coïncident pas toujours avec quelque chose d'aussi connu. Ainsi, quel nom donner à une procédure qui amènerait la tortue du coin d'une auto déjà dessinée à un autre point sur l'écran en vue de commencer le tracé d'une maison ? Cette trajectoire ne fait partie intégrante ni de la maison, ni de l'auto. Trouver un nom à une trajectoire de ce type constitue une activité de naming.

La caractéristique d'un nom significatif se retrouve dans la similitude entre sa signification et l'action représentée par la tortue sur l'écran. Plus le terme choisi sera proche de ce qu'il représente, plus il sera aisé de discuter de cette procédure et de ses implications.

Arriver à nommer une procédure fournit un support représentatif au sujet, en lui offrant l'occasion de manipuler les objets¹ inhérents à son objectif et d'échanger à leur propos. Le choix du nom fournit des indices sur la compréhension du sujet à l'égard d'un phénomène en particulier. Un naming inadéquat peut entraîner des difficultés dans la poursuite d'un objectif, a fortiori s'il est complexe.

La notion de récursion

Sur un plan théorique, la récursion consiste à constater la répétition d'un phénomène dans un contexte donné. Sur un plan pratique, la récursion procède de la réapplication d'un ensemble d'actions pour résoudre un problème. À cet égard, ce procédé encourage la création, l'organisation et la planification de stratégies dont le rendement est maximal et le coût minimal.

L'observation du raisonnement humain semble nous indiquer que la récursion est naturelle dans les stratégies de résolution de problèmes. Cette notion rejoint par là celle de l'assimilation répétitive chez Piaget. En outre, chez les inadaptés, le principe de la récursion prend quelquefois une collaboration magique. La nécessité de répéter des actions

entraîne le souhait de les voir se répéter d'elles-mêmes, i.e. sans recourir aux démarches requises.

La notion de bug

La notion de bug est utilisée pour désigner une faille dans la planification et dans l'élaboration d'un projet. Dans les faits, le bug est représenté sur l'écran comme le résultat d'une démarche amorcée ne correspondant pas au résultat anticipé et planifié. Il diffère de l'erreur dans le langage courant : il n'est pas statique et sujet à désapprobation. Le bug est une notion dynamique et à cet égard susceptible d'être utilisée à de multiples fins.

Dans certains cas, il peut servir de tremplin à une nouvelle aventure ; il favorise alors la création de nouveaux objectifs pouvant être poursuivis immédiatement ou relégués aux oubliettes pour un temps plus ou moins long. Dans d'autres cas, il peut être utilisé en tant que bug en vue de l'atteinte de l'objectif original ; la recherche d'une solution devient alors temporairement l'objectif à poursuivre. Sa résolution et sa compréhension constituent donc le défi en cours. L'analyse du bug devient par le fait même une expérience significative procurant au sujet un outil supplémentaire pour affronter les situations futures.

Citons l'exemple d'un sujet désirant construire une maison avec deux procédures (carré et triangle) selon le schéma suivant : $\hat{\square}$. Un des bugs possible pourrait être représenté sur l'écran de la façon suivante : $\triangle\square$. Dans le premier cas, le sujet abandonne son idée de maison et décide simplement d'utiliser le bug dans la poursuite d'un nouvel objectif. Il décide par exemple que le triangle représente une tente et le carré un édifice quelconque et poursuit dans cette direction en faisant un village. Dans le second cas, intrigué par le résultat de son action, le sujet se centre sur la résolution du bug comme tel. Notre expérience nous indique que, dans un tel cas, la satisfaction découlant de la réussite du projet initial (la maison) provient davantage de la résolution du bug que de la réussite en tant que telle de la maison.

Certains bugs ont la qualité d'être plus significatifs que d'autres. Lorsque par exemple, ceux-ci dépassent les aspects techniques de l'apprentissage. De par leur nature même, les bugs sont révélateurs du processus par lequel le sujet passe pour résoudre un problème. Notons enfin que cette conception du bug possède le même statut dynamique accordé à l'erreur dans la conception piagétienne de l'apprentissage (Inhelder, Sinclair et Bovet, 1974).

La notion du debugging

La notion de debugging est directement reliée aux attitudes possibles face au bug. Le processus de debugging vise essentiellement la recherche du comment et du pourquoi apparaît tel phénomène. L'attitude la plus souhaitable consisterait dans un premier temps à accepter la présence du bug et, dans un second temps, à en ressortir les caractéristiques qui permettront la mise en œuvre des stratégies requises pour sa résolution. Cette attitude cherche à promouvoir un effet généralisateur à des situations ultérieures : développer la

capacité d'analyser des problèmes de manière à établir les moyens les plus efficaces de les résoudre.

Un exemple : le carré

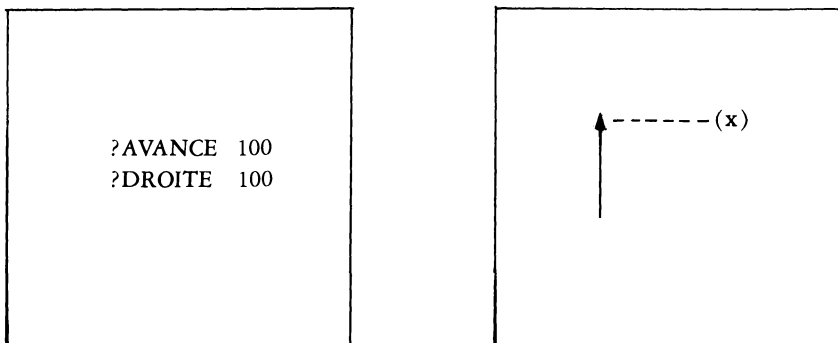
Pour mieux comprendre les principes de base d'utilisation du programme Logo énoncés précédemment, nous illustrerons à l'aide d'un exemple. Nous cherchons ici à représenter lesdits principes à partir d'une situation d'apprentissage : le dessin d'un carré. Pour les besoins de la cause nous communiquerons une partie seulement des éléments essentiels à une démarche hypothétique chez un sujet théorique. Certaines de nos remarques viendront de temps en temps chercher appui sur notre expérience clinique².

Chacun d'entre nous possède une définition ou du moins une représentation du carré. Chaque nouveau sujet, s'il désire voir la tortue exécuter un carré, doit donc lui apprendre sa propre définition du carré. Dans ce sens, on peut dire que la tortue ne connaît aucune définition du carré. En fait, elle relève du langage Logo où le sujet puise les commandements de base susceptibles de composer une définition du carré.

Dans les premiers temps de la démarche, le sujet doit apprendre à distinguer les deux états de la tortue : sa direction et sa position. Au cours de cette phase, il est amené à découvrir les commandements Logo reliés spécifiquement aux états de la tortue : AVANCE, RECULE, DROITE, GAUCHE. Cet apprentissage s'accompagne habituellement de multiples déplacements réels dans l'espace. Le sujet peut ainsi être amené à exécuter lui-même les différents mouvements avant de les faire exécuter par la tortue. Par la suite, il fait reproduire à la tortue des déplacements similaires, en lui enseignant des commandements : AVANCE 100, DROITE 100³.

Une fois ces premières acquisitions instrumentales maîtrisées, le sujet est en mesure d'entamer le processus de représentation du carré. Le sujet peut par exemple donner les commandements suivants pour la première étape de son carré.

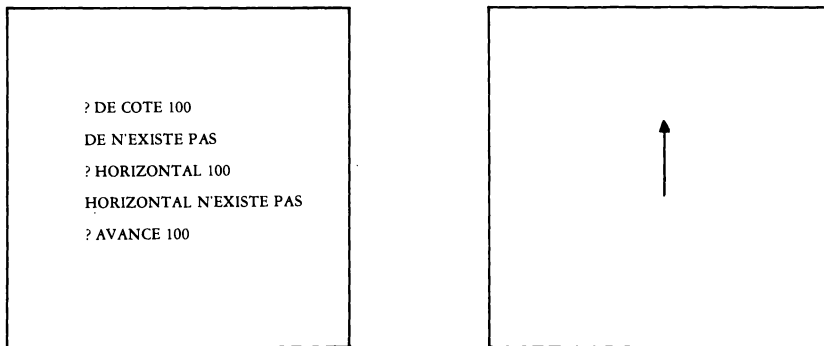
Figure 1



Au premier commandement, la tortue a effectivement avancé de 100 pas (unités de mesure). En donnant son second commandement le sujet anticipait le déplacement de la tortue jusqu'au point « x » (cf. Figure 1). Le réel lui indique cependant que la tortue a effectué une rotation sur elle-même de 100 degrés. Nous sommes en situation de bug : il y a conflit entre l'anticipation du sujet et le résultat obtenu.

Pour déboguer, le sujet exécute lui-même avec son corps les déplacements effectués par la tortue. Il constate alors que la tortue a effectivement avancé lors du premier commandement et tourné d'un angle de 100 degrés lors du second, sans effectuer le déplacement escompté. Une première différenciation entre la direction et la position de la tortue est effectuée. Le sujet poursuit alors sa démarche (Figure 2) :

Figure 2

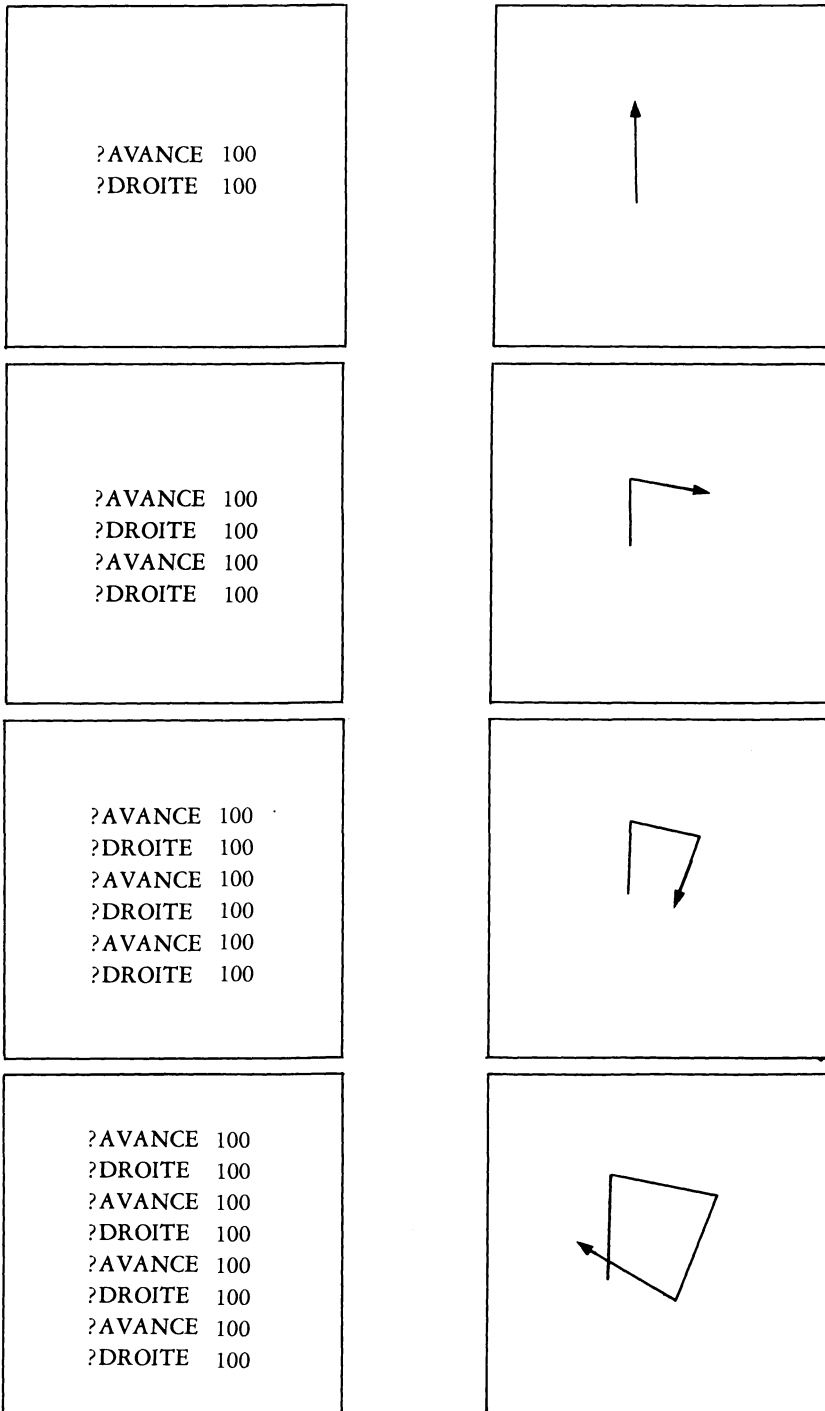


Dans sa tentative de résolution du bug, tout se passe comme si le déséquilibre, provoqué par l'immobilité de la tortue lors du deuxième commandement, conduisait le sujet à réutiliser des commandements analogues à ceux qui lui ont permis de découvrir les commandements AVANCE et DROITE : DE CÔTÉ, HORIZONTAL. Nous assistons alors à une seconde phase de tâtonnements conduisant à la redécouverte du commandement AVANCE.

Les différents messages de la tortue force le sujet à clarifier sa pensée et au bout du compte à revenir aux opérateurs de changement d'état utilisés précédemment. Il conserve les éléments stables nécessaires à la définition du carré. Ainsi, il met en application les propriétés fondamentales de la définition d'un carré à savoir : quatre côtés égaux et quatre angles égaux (Figure 3).

Le sujet est maintenant confronté à un second bug. Il a découvert l'importance de la stabilité dans les commandements, mais la tortue a tourné de 10 degrés de trop à chaque fois. Rares sont les sujets qui ne font pas ce bug. Peut-être est-il causé par la focalisation sur un aspect du problème et de sa résolution : la réalisation d'une figure carré dans sa globalité. Le sujet n'a pas encore réalisé un carré, mais la satisfaction découlant d'une

Figure 3

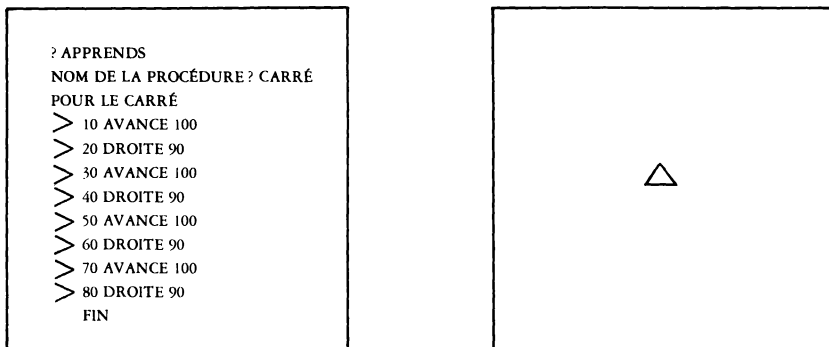


réalisation voisine d'un carré suffit à déclencher son activité tendue vers la résolution de ce nouveau bug.

Sans entrer dans le détail de la démarche, disons simplement que, suite à une série de tâtonnements systématiques ou, plus simplement, grâce à l'application de connaissances géométriques, le sujet en arrive à, découvrir qu'il doit faire varier l'angle de la tortue c'est-à-dire passer de 100 à 90 degrés.

Généralement, ce style de bug entraîne le désir, non seulement de réaliser le carré, mais d'y parvenir dans les délais les plus brefs. C'est ainsi qu'entre en jeu la notion de procédure. Celle-ci permettra au sujet de cumuler tous les renseignements nécessaires à la réalisation du carré sans avoir à les répéter lors de leurs utilisations ultérieures. L'intervenant indique alors au sujet le commandement qui lui permettra d'enseigner à la tortue la procédure carré : APPRENDS (Figure 4).

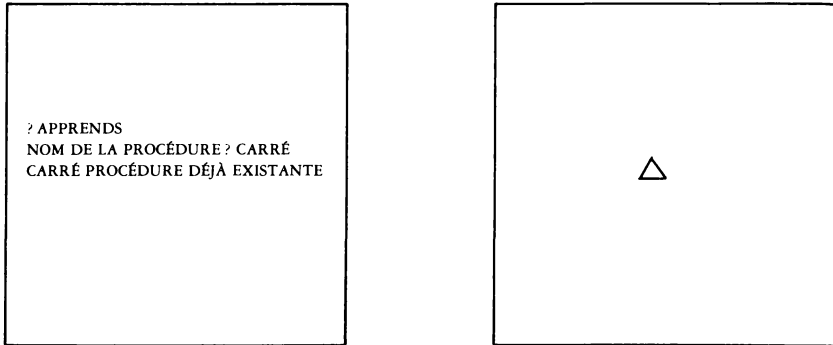
Figure 4



Pendant toute la séquence, la tortue demeure à son point d'origine situé au centre de l'écran. Elle enregistre les données du carré. Le sujet possède maintenant un outil utilisable au besoin. Désormais, à l'appel du mot CARRÉ sur le clavier, la tortue en exécutera les étapes sur l'écran graphique⁴.

Le sujet épistémique pourrait vite se rendre compte cependant d'au moins deux limites de la procédure CARRÉ apprise par la tortue. D'une part, celle-ci peut certes maintenant exécuter des centaines de carrés, mais ils sont toujours de la même grandeur, ce qui n'est guère pratique. D'autre part, il s'avère peu économique d'apprendre à la tortue des dizaines de carrés de grandeurs différentes. Le sujet est donc placé devant l'alternative suivante : modifier sa procédure CARRÉ initiale ou lui apprendre une nouvelle procédure qui générerait un carré dont une des propriétés serait d'être amovible dans le sens de la grandeur. Posons l'hypothèse d'un sujet désireux de conserver intact sa première procédure CARRÉ et d'en faire une autre susceptible de résoudre les limites de sa procédure initiale (Figure 5).

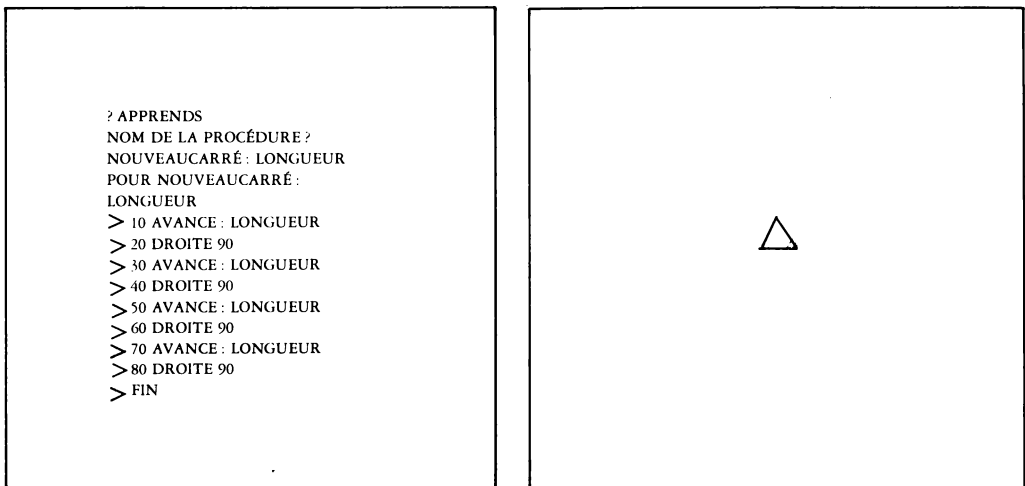
Figure 5



Devant ce conflit cognitif, le sujet se doit de trouver un nouveau nom (naming) à la nouvelle procédure⁵. La difficulté provient ici, du fait qu'il faille donner un autre nom à une figure identique. Ce nouveau nom pourrait être par exemple NOUVEAUCARRÉ.

L'objectif est de faire une procédure pouvant exécuter des carrés de grandeurs différentes, il doit ajouter à celle-ci une variable, i.e. un input⁶, la longueur des côtés. La procédure se lit alors comme suit (Figure 6) :

Figure 6



Désormais, la tortue exécutera sur appel un carré de la grandeur désirée. Le sujet n'a qu'à remplacer :LONGUEUR par l'unité de mesure voulue. Par exemple, le sujet

pourrait écrire sur l'écran de texte CARRÉ 50. Sur l'écran graphique nous verrions alors la tortue tracer un carré de 50 unités de longueur pour chaque côté.

Une fois ces deux limites aplanies, le sujet épistémique pourrait être placé devant un nouveau déséquilibre : la grande quantité de répétitions des mêmes commandements. Le sujet se trouve alors confronté au phénomène de la récursion. Pour solutionner de façon majorante ce nouveau déséquilibre, le sujet, au lieu de répéter un nombre indéfini de fois l'application du même commandement, instruira Logo de le faire à sa place. Pour faire varier la longueur des côtés et ne pas avoir à répéter les commandements AVANCE et DROITE quatre fois chacun, il ajoutera alors une nouvelle variable qui indiquera le nombre de répétitions désirées (:NOMBREDEFOIS). La procédure devra être modifiée comme suit (Figure 7)⁷ :

Figure 7

```

? CHANGÉ
NOM DE LA PROCÉDURE? NOUVEAUCARRÉ: LONGUEUR: NOMBREDEFOIS
POUR NOUVEAUCARRÉ: LONGUEUR: NOMBREDEFOIS

> 10 AVANCE: LONGUEUR
> 20 DROITE 90
> 30 NOUVEAUCARRÉ: LONGUEUR: NOMBREDEFOIS
> FIN

```

En écrivant à la ligne 30 NOUVEAUCARRÉ, il demande ainsi à la tortue lors de l'exécution de la procédure de recommencer celle-ci le nombre de fois désiré. La tortue exécutera effectivement non seulement un carré mais un nombre infini juxtaposés les uns sur les autres et ce, jusqu'à ce que le sujet appuie sur le bouton de contrôle⁸. La tortue lit à chaque fois de recommencer sans tenir compte de la nouvelle variable car l'action de celle-ci n'est pas définie. Évidemment, elle indique le nombre de répétitions impliquées dans la procédure, mais il n'y a aucun renseignement permettant à la tortue de savoir où elle en est

rendue, et quand elle doit arrêter. Il est alors temps d'ajouter un conditionnel permettant de délimiter l'action de la variable : NOMBREDEFOIS. (Figure 8).

Figure 8

```
? CHANGÉ
NOM DE LA PROCÉDURE? NOUVEAUCARRÉ: LONGUEUR : NOMBREDEFOIS
POUR NOUVEAUCARRÉ: LONGUEUR : NOMBREDEFOIS
> 5 SI : NOMBREDEFOIS = 0 STOP
> 10 AVANCE : LONGUEUR
> 20 DROITE 90
> 30 NOUVEAUCARRÉ: LONGUEUR : NOMBREDEFOIS - 1
> FIN
```

Une fois la nouvelle procédure apprise par la tortue, le sujet n'aura plus qu'à lui intimer l'ordre de s'exécuter : NOUVEAUCARRÉ 50 4. Sur l'écran graphique, la tortue trace alors un côté de 50 unités de mesure de longueur, tourne de 90° et ce, 4 fois.

Jusqu'à maintenant le sujet a majoré deux conduites : la variabilité de la longueur du côté et la récursion i.e. la répétition d'un côté et de l'angle de 90° le nombre de fois désiré. Encore là, la situation pourrait induire un nouveau déséquilibre chez le sujet, à savoir la variabilité de l'angle.

La généralisation de cette stratégie, doublée d'une stratégie de variation d'angle, peut conduire un sujet à exécuter n'importe quel polygone. Ainsi, à la limite, le sujet épistémique n'aurait qu'à appliquer la stratégie récursive, découverte à l'occasion de la répétition d'un côté, pour faire tracer à la tortue le moins polygone des polygones, i.e. le cercle. Il n'aurait qu'à commander à la tortue d'exécuter 360 fois un angle de 1° et d'avancer selon l'unité de longueur à chaque fois⁹.

Quelques liens Logo-Piaget-Rééducation

L'ensemble des réflexions suivantes comportent des constatations découlant de la présentation des principes de base d'utilisation du projet Logo et de l'exemple utilisé, des

réflexions à connotation piagétienne principalement en regard du processus d'équilibration, le tout parsemé de quelques remarques rééducatives.

- a) Une première constatation s'impose suite à la présentation de l'exemple du carré : la nécessité de décomposer le problème au maximum. Pour pouvoir comprendre la différence entre la direction et la position de la tortue, le sujet a souvent besoin d'expérimenter corporellement ces différents états. Il n'est pas rare en effet que l'éducateur demande aux enfants de se déplacer réellement dans l'espace afin de mieux saisir les actions effectives de la tortue sur l'écran. Les éléments de la définition du carré prennent alors forme peu à peu : le résultat représenté par le carré défini par quatre (4) angles égaux de 90° et quatre (4) côtés égaux ne constituent que la synthèse de la démarche. Ce processus de représentation de l'action visée à travers l'action corporelle du sujet rejoint les suggestions de Guindon (1967) eu égard à l'étape acclimatation. Dans ce sens, les acquisitions de base nécessaires à la représentation d'un carré deviennent accessibles à tous, sans d'autres connaissances, par la simple utilisation de leur appareil moteur.
- b) Deuxièmement, nous sommes habitués à lire le réel de façon globale et à ne donner à ce réel que des définitions encyclopédiques. En caricaturant un peu, on irait jusqu'à dire que les « noms » donnés aux objets n'ont de sens que celui donné par le dictionnaire. À la limite, une bonne mémoire pourrait suffire. L'expérience nous apprend cependant que la mémoire n'est que de peu d'utilité lorsqu'il s'agit de définir les termes, puisque les interprétations d'une définition varient d'un individu à un autre. Une participation à une réunion multidisciplinaire de spécialistes des sciences humaines convaincrat les plus sceptiques.

Avec Logo, le sujet doit saisir la nature des objets réels afin de leur assigner un nom significatif. Le nom, qu'il soit carré, boîte, etc. acquiert son utilité pour en discuter les différentes composantes et en communiquer la découverte. Grâce à cette décortication du réel, celui-ci devient vraiment assimilé et conséquemment acquiert une signification pour le sujet. Cette remarque nous amène à une troisième constatation.

- c) Pour entrer en relation avec Logo, je dois en tant que sujet posséder un certain nombre de schèmes pour assimiler le réel. Autrement dit, quand je me retrouve devant l'écran graphique, j'ai déjà ma propre représentation mentale de ce que je veux retrouver sur l'écran. Dans l'exemple du carré, le sujet peut essayer d'imposer son cadre assimilateur à la tortue. Cependant, devant la résistance de celle-ci — en termes piagétiens nous parlerions de poussée accommodative — le sujet se retrouve en situation de déséquilibre. La tortue ne pourrait en effet assimiler la représentation du réel dudit sujet puisque cela ne correspondrait à aucun de ses schèmes. De déséquilibres en rééquilibrations le sujet en vient à suffisamment modifier ses schèmes pour atteindre un nouvel équilibre, mais qualitativement différent de celui du point de départ. On peut parler dans ce cas-ci, à l'instar de Piaget (1975), d'équilibration majorante.

- d) Qui plus est, et c'est une quatrième constatation, cette équilibration majorante permet de percevoir l'univers des polygones sous un jour nouveau i.e. de généraliser la compréhension du carré à tous les polygones y compris le cercle. Notons au passage que ceci est rendu possible grâce à la nouvelle approche du polygone (la géométrie de tortue) centrée sur les angles extérieurs plutôt que sur les angles intérieurs (la géométrie analytique). Avec cette nouvelle approche tous les polygones, y compris le cercle ont 360° d'angles extérieurs.

Nous aimerions insister quelque peu sur le sens que nous donnons à la notion de généralisation. Pour ce faire, nous ferons référence à la courte, mais brillante intervention de Papert lors du colloque tenu à Genève le 2 juillet 1977, à l'occasion du 80^e anniversaire de Piaget (Inhelder *et al.*, 1977). À cette occasion, dans une tentative de cerner la notion d'équilibration, Papert (Inhelder *et al.*, 1977, pp. 48-53) discute du problème qui, à ses yeux, est le plus central et le plus général : celui de l'interaction des structures internes.

À moins d'être préformiste on est obligé d'admettre que l'intelligence se compose d'éléments venus de l'extérieur du sujet. Si quelque chose entre en moi, il faut bien que quelque chose se passe avec les éléments et ceux déjà en place à l'intérieur. Le phénomène de la nourriture et de la digestion en est un exemple évident sur le plan physiologique.

Autrement dit, pour comprendre la théorie de l'équilibration qui est en fait une théorie de la fabrication de l'intelligence, il faut s'interroger, selon Papert, sur les « lois d'interaction des objets intériorisés ». Pour comprendre cette fabrication deux modèles principaux s'offrent à nous.

Le premier modèle rejoint à certains égards la théorie de Skinner. Il s'agit d'assimiler la fabrication de l'intelligence à la fabrication d'une maison où l'on empile briques sur briques. Le second modèle rejoint la théorie de l'équilibration. Pour l'expliquer, Papert cite l'exemple d'une usine où se fabriquent des perles réfléchissantes microscopiques pour signaux routiers. Les ingénieurs de l'usine se trouvaient devant un très grand défi : produire des perles parfaitement sphériques. Le procédé mis au point est à la fois simple et remarquable. « Il consiste en un énorme cylindre parcouru par un courant d'air ascendant assez chaud pour fondre le verre. En haut de cette sorte de cheminée, on jette des morceaux de verre de toutes les formes. L'interaction entre les morceaux de verre et le courant d'air produit la formation de gouttelettes de verre parfaitement sphériques, comme de minuscules gouttes de pluie » (Inhelder *et al.*, 1977, p. 53).

A priori, rien ne laisse présager que l'introduction de verre et de chaleur dans un cylindre produira des gouttelettes parfaitement sphériques. Pour comprendre qu'avec deux éléments simples on puisse fabriquer des perles parfaitement rondes, il faut maîtriser des lois physiques très complexes. Et Papert (*id.*, p. 53) de conclure, « de même pour comprendre les perles encore plus parfaites de l'intelligence, construites à partir d'inputs très imparfaits du monde extérieur, il faut comprendre les lois mathématiques d'interaction des structures. C'est dans cette direction que je comprends toute la tension conflictuelle qui s'exprime dans la théorie de l'équilibration ».

Ce que nous retenons ici ce n'est pas tant l'idée de mathématiser et de formaliser les interactions entre schèmes ou entre sous-systèmes, mais bien plutôt l'idée de l'activité des structures.

C'est ici que se situe le lien avec la notion de généralisation. Dans le cadre piagétien, on peut considérer l'activité des structures comme l'aboutissement du processus d'alimentation des schèmes. Ce processus se manifeste ainsi : un sujet ayant trouvé un nouveau schème va le réemployer, mais pas n'importe comment. La répétition pure et simple n'acquiert aucun intérêt. D'autre part, si l'écart est trop grand par rapport au point de départ, la compréhension devient inexistante. Un schème tend donc toujours, à s'alimenter au moyen d'éléments qui ne sont ni trop éloignés ni trop répétés. Sans quoi il n'y a plus dans le premier cas, d'assimilation, et dans le second cas, d'activité, mais bien désintérêt, ralentissement, voire arrêt des actions.

Pour reprendre l'exemple du carré, nous dirions que la simple répétition du carré aurait vite conduit le sujet à l'inactivité. Une répétition n'est pas une activité quand elle ne conduit à rien de neuf¹⁰. Mais comme une structure donnée comporte toujours l'exigence d'un dépassement vers une équilibration majorante, le sujet ne peut qu'être enclin à vouloir « majorer » son carré initial ou à fabriquer de nouvelles procédures allant en se complexifiant. C'est ainsi que la découverte initiale des propriétés du polygone carré, peut amener un sujet à découvrir tous les polygones pour aboutir au moins polygone des polygones, du moins perceptuellement : le cercle.

La généralisation peut aussi prendre le sens que lui donne Papert (1976) et ses collaborateurs, i.e. que l'activité Logo permet l'exercice des schèmes de l'apprentissage. Autrement dit, par le biais de l'apprentissage mathématique, Logo fournit au sujet un modèle pour comprendre et aborder d'autres secteurs du réel.

- e) Toute action sur le réel engendre une réponse de celui-ci à plus ou moins brève échéance. Ce phénomène de rétroaction nous semble particulièrement important pour la compréhension, chez un sujet, du rôle qu'il joue dans la production d'un effet.

Les cliniciens-praticiens de la rééducation œuvrant « sur le plancher » côtoient quotidiennement des sujets aux prises avec des difficultés dans le temps (incapacité de souffrir des délais) et dans leur capacité de percevoir leur rôle joué dans la production d'un effet. Conséquemment, plus le réel tarde à répondre à donner du feedback, moins la prise de conscience de l'action des sujets sur le réel a de chances de s'imposer.

La technologie inhérente à Logo conduit le sujet à lire au fur et à mesure de sa démarche et à en constater les effets. L'ordinateur fournit au sujet un feedback instantané, stable et constant menant celui-ci à une réflexion immédiate sur son action.

Une telle situation est évidemment de nature à court-circuiter la propension des inadaptés à nier le réel et leur action sur le réel, que ce soit sur un plan affectif ou social (Redl, 1951) ou cognitif (Larivée, 1977, 1979).

- f) La prochaine conclusion à laquelle nous aboutissons vient en quelque sorte compléter la précédente. Nous croyons que le programme Logo favorise l'exercice des processus d'abstraction simple et réfléchissante. Comme ces deux processus constituent les deux piliers du processus d'équilibration, ils permettent par le fait même la remise en marche de celui-ci, puisqu'il est habituellement perturbé chez les inadaptés. Expliquons-nous.

La position piagétienne est grosso modo la suivante. L'abstraction empirique est le processus permettant la lecture du réel. Suite à une action sur un objet ou un problème, le processus d'abstraction empirique consiste pour le sujet à extraire les informations relevantes susceptibles de lui faire mieux connaître les propriétés dudit objet ou problème. Quant au processus d'abstraction réfléchissante, il relève également de l'action sur les objets, mais il consiste cette fois pour le sujet à tirer des informations à partir de la coordination de ses propres actions sur l'objet et non plus de l'objet comme tel.

Or, pour que ces deux processus se mettent en marche, il faut au moins que la réalité phénoménologique soit reconnue comme telle plutôt que constamment niée ou déformée comme sont portés à le faire bien des sujets aux prises avec des difficultés d'adaptation. Les occasions pour court-circuiter ces deux processus sont fréquentes dans les activités « normales » des centres d'accueil. Le programme Logo semble cependant fournir une occasion maximale pour le rétablissement ou la majoration du processus d'équilibration.

En reprenant l'exemple du carré, nous constatons que sur le plan de l'abstraction empirique, Logo exige l'apprentissage par le sujet de la compréhension des propriétés réelles du carré, soit quatre (4) côtés égaux et quatre (4) angles égaux de 90 degrés.

Sur le plan de l'abstraction réfléchissante, Logo impose au sujet la lecture de l'impact de son action sur le produit fini, à savoir, faire avancer la tortue quatre (4) fois de quatre (4) longueurs égales, entrecoupées de quatre (4) changements de directions à angle droit (90 degrés).

Dans le cas où un sujet effectue un changement de direction de 45 degrés, il ne pourra que difficilement s'en prendre à l'objet comme tel puisque le résultat-absence de carré est nécessairement dû à son action sur le réel-logo. Nous convenons qu'un sujet puisse nier pendant un certain temps l'impact de son action. Toutefois, la poursuite d'objectifs de plus en plus complexes le contraindra à un moment ou l'autre à affronter le réel nié.

Une activité telle la céramique, par exemple, n'offre pas un avantage aussi marqué. Devant une pièce ratée lors de la cuisson, le sujet peut commencer par accuser le four, la terre, celui qui a fait la cuisson, et que sais-je encore, avant de se rappeler peut-être les propos de l'éducateur lui signalant que la terre avait besoin d'être bien battue pour enlever les bulles d'air sans quoi elle pourrait éclater au four.

Alors que les résultats de deux processus d'abstraction simple et réfléchissante dans un cas tardent à se faire sentir, dans l'autre, ils apparaissent d'emblée et replongent le sujet face au réel et à son action sur le réel.

- g) Logo n'oublie pas. Non seulement il n'oublie pas, mais il ne retient que les succès. Dans le cadre d'une activité rééducative, ce phénomène accuse une importance toute particulière. Le vécu partagé avec les inadaptés nous apprend en effet que ceux-ci tentent souvent de détruire une production trop valorisante. En ne permettant pas la destruction de la production, Logo replace le sujet devant ses succès. Qui plus est, la nécessité de recourir à des procédures fabriquées antérieurement confirment le sujet dans ses succès. Les behavioristes parleraient ici de renforcement positif¹¹.
- h) L'enseignement dit traditionnel est centré sur le résultat (la bonne réponse versus la mauvaise réponse). Le système d'évaluation par examen en est la manifestation la plus claire. Dans le programme Logo, la « bonne réponse » ou la reconnaissance du monde extérieur provient d'une satisfaction interne basée sur la démarche. En fait, le résultat final n'est pas un but en soi. Il devient simplement la dernière partie de la démarche. Il constitue en outre dans certains cas la première étape de la démarche suivante comme on a pu le voir lors de l'exemple.

Nous voulons insister ici sur l'importance et le sens de l'erreur dans les systèmes piagétiens et Logo. Le programme Logo accorde un statut particulier à l'erreur. Il l'érige même en principe de base : le « bug » auquel est associé son processus complémentaire le « debugging ». Pour leur part, les tenants de l'école genevoise considèrent l'erreur comme une donnée heuristiquement féconde dans le cadre de l'investigation des conduites intellectuelles.

Les piagétiens ont toujours respecté les erreurs de raisonnement des enfants, les considérant, et à juste titre, comme des réponses tout à fait valables, eu égard à leurs structures cognitives du moment, puisqu'elles traduisent une démarche authentique de leur pensée en évolution. Ce n'est toutefois que récemment, qu'on en a fait un usage expérimental. Grâce à un ensemble de recherches sur l'apprentissage, l'erreur a acquis un droit de cité honorable. À Montréal, certains chercheurs (Fournier-Chouinard, 1967 ; Lefebvre et Pinard, 1972) ont utilisé une méthode de conflit cognitif pour favoriser l'apprentissage de certains schèmes opératoires concrets. D'autre part, les recherches d'Inhelder *et al.* (1974) sur l'apprentissage sont venues confirmer et renforcer ces premiers résultats. Ces auteurs supposent au départ la nécessité d'une « équilibration » pour que le sujet puisse progresser. Ils veillent donc dans leurs procédures expérimentales à mettre celui-ci en présence de faits qui contredisent objectivement ses prévisions. En ressentant la situation comme conflictuelle, le sujet cherche à compenser activement la perturbation « cognitive » et se voit pour ainsi dire contraint de majorer son raisonnement.

Dans le système Logo, il nous semble que l'erreur est tout aussi féconde. Une erreur corrigée peut être plus féconde qu'une réussite immédiate parce que la comparaison de l'hypothèse fautive et de ses conséquences affine la connaissance des propriétés de l'objet désiré. À la limite même, une combinaison intentionnelle d'erreurs peut donner lieu à de nouveaux possibles. En fait, l'erreur dans ce contexte ne devient qu'un nouveau possible.

Soulignons enfin que grâce à l'utilisation fonctionnelle de l'erreur, le système Logo offre aux inadaptés l'occasion de composer avec celle-ci et de la replacer dans un contexte relativiste. Dans ce sens, l'équation erreur égale dévalorisation perd de sa force.

- i) Poursuivons maintenant nos réflexions sur l'apprentissage, mais cette fois en relations avec nos remarques précédentes sur la généralisation. Nous distinguons deux temps dans l'apprentissage relié à Logo, correspondant à deux types d'apprentissage. Apprentissage au sens strict relié à l'apprentissage des procédures et apprentissage au sens large relié à la généralisation. Autrement dit, parallèlement à l'apprentissage des procédures (par exemple un carré), non seulement le sujet peut généraliser la procédure apprise comme dans l'exemple des polygones, mais il peut généraliser les schèmes ou modes d'appréhension du réel à des secteurs de plus en plus variés et étendus du réel¹².

Logo ne vise donc pas tant l'apprentissage d'un contenu que l'apprentissage d'un processus permettant d'appréhender le réel. Une étude plus poussée entre l'intelligence artificielle et l'intelligence humaine nous porterait peut-être même à conclure que Logo permet l'apprentissage du processus d'acquisition de la connaissance au sens piagétien du terme. Pour l'instant, nous sommes simplement tentés d'affirmer que les effets possibles du programme Logo fournissent un exemple concret aux récents travaux du Centre international d'épistémologie génétique sur le problème de l'ouverture sur les nouveaux possibles (Piaget, 1976, 1977).

Une référence aussi claire à la notion de « possible » est susceptible de nous faire assimiler celle-ci au « possible » de la pensée formelle. Il y a certes un lien, et ce n'est pas par hasard qu'au niveau des opérations formelles, il y a explosion des possibles.

Cependant, la problématique spécifique dont il est question ici, est bien celle de l'ouverture croissante sur les possibles et ce, des conduites sensori-motrices jusqu'aux opérations formelles. C'est ainsi sur le plan des opérations concrètes, qu'à « l'extérieur de la structure de sériation, le fait, pour un sujet, d'avoir découvert la transitivité sériale rend possible l'application d'autres transitivités à de nouvelles situations » (Piaget, 1976, p. 281). Piaget cherche ici à expliquer un problème central de l'épistémologie constructiviste : celui de la construction ou de la création de ce qui n'existe pas encore, sinon précisément à l'état virtuel du « possible » et qu'il s'agit, pour le sujet, d'actualiser.

Cette problématique nous replonge au fait, au cœur même des préoccupations essentielles de l'épistémologie constructiviste de Piaget. Et alors trois solutions se présentent : l'innéisme, l'empirisme ou le recours aux autorégulations. Dans les deux premières solutions, le caractère novateur des dépassements actualisés dans les nouveaux possibles ne demeure qu'apparent, puisque ceux-ci sont prédéterminés dans le sujet ou dans l'objet.

Pour qu'il y ait réellement dépassements et innovations, il faut faire appel au mécanisme auto-organisateur que Piaget (1975) qualifie d'équilibration majorante. Pour résumer l'essentiel de la thèse piagétienne sur le sujet, nous nous inspirerons principalement des remarques de Piaget lui-même, tenues tout au long du colloque

organisé à l'occasion de son 80e anniversaire et dont nous évoquions tout à l'heure la participation de Papert (Inhelder *et al.*, 1977).

À notre avis, le modèle d'équilibration est un modèle qui rend compte du changement. Il permet de comprendre le passage d'une forme d'équilibre à la suivante en ce qu'il explique les mécanismes de dépassement des structures anciennes par la construction de structures nouvelles.

Le problème central du caractère « majorant » de l'équilibration cognitive est grosso modo le suivant. Lorsqu'une perturbation se produit au cours des activités du sujet, celui-ci cherche à la compenser. Cette réaction compensatrice ne saurait être un simple retour à l'état antérieur. Elle provoque donc un dépassement. Cette exigence de dépassement implique alors « une ouverture anticipatrice sur de nouveaux possibles » (Inhelder *et al.*, 1977, p. 16). Dès le départ, la réaction compensatrice est donc orientée vers l'amélioration puisque l'activité perturbée est considérée comme améliorable. Ce mécanisme régulateur apparaît ainsi en sa source comme « l'amélioration possible d'une activité qui s'insère elle-même de ce fait en un éventail plus large de possibles » (*idem*).

Partons d'une innovation « x » d'un sujet « y ». Sitôt actualisée, cette innovation constitue un nouveau schème procédural. Nous entendons par schème procédural : « les suites d'actions servant de moyen pour atteindre un but » (Piaget 1976, p. 286). Et comme tout schème tend à s'alimenter, ce nouveau schème procédural tendra aussi à s'alimenter en s'appliquant à des situations analogues. Mais il y a plus. « Cette généralisation possible du schème procédural confère au sujet un nouveau pouvoir et le seul fait d'avoir réussi à inventer une procédure pour certaines situations favorisera à ses yeux sa réussite en d'autres. Plus précisément, un pouvoir tend à s'exercer (comme, à un niveau inférieur un schème tend à s'alimenter) et, si la réalité n'impose plus assez rapidement de nouveaux problèmes au sujet, c'est lui-même qui les soulèvera et, pour ainsi dire, se les offrira pour répondre au besoin d'activité déclenché par les réussites antérieures » (Piaget in Inhelder *et al.*, p. 138)¹³.

En bref, la dynamique interne de l'équilibration majorante ne revient pas seulement à compenser des perturbations et à combler des lacunes, mais aussi à trouver des solutions qui soulèvent de nouveaux problèmes. Chaque nouveau possible est donc le résultat d'un événement qui a produit « une ouverture » sur lui en tant que « nouveau possible », son actualisation donnant ensuite lieu à de nouvelles ouvertures sur d'autres possibilités, etc. (Piaget, 1976, p. 282).

Revenons maintenant au lien entre le programme Logo et les recherches piagésiennes sur le possible. Il nous semble que les concepts piagésiens sont à même d'expliquer le passage de l'apprentissage et de la découverte du polygone « carré » à la découverte du polygone « cercle ». De la même façon, nous croyons que l'instrument pédagogique Logo offre en cours d'apprentissage, l'opportunité d'anticiper des réalisations possibles sans nécessairement les évoquer concrètement. Cet état de fait rejoint la définition des « possibles exigibles » de Piaget qui sont à l'œuvre lorsque « le sujet pense que l'on peut et doit généraliser une structure, mais sans savoir encore au moyen de quelles procédures » (Piaget, 1976, p. 290).

Ainsi un sujet pourrait imaginer la possibilité d'effectuer un paysage formé d'arbres et de maisons uniquement en sachant qu'il peut faire exécuter des cercles, des carrés, des lignes à la « tortue ».

- j) Soulignons enfin qu'une stratégie rééducative, incluant dans son traitement des activités en rapport avec la technologie existante dans le milieu social ou le sujet est appelé à retourner, nous semble faire preuve de réalisme.

L'utilisation de l'ordinateur comme méthode didactique permet non seulement des apprentissages notionnels et l'acquisition d'une méthode de travail généralisable à d'autres secteurs du réel, mais plonge le sujet au cœur de la technologie moderne. Le contact avec Logo, procure au sujet en difficultés d'adaptation des schèmes supplémentaires pour s'adapter à une technologie qui fera de plus en plus partie de la vie quotidienne sous peu. Mieux équipé pour affronter le réel, il ne pourra que mieux s'y adapter.

RÉFÉRENCES

- Boden, M.A. (1977). *Artificial Intelligence and Natural Man*. New York : Basic Books, 537 p.
- Fournier-Chouinard, E. (1967). Un apprentissage de la conservation des quantités par une technique d'exercices opératoires. Thèse de doctorat inédite. Université de Montréal.
- Gendreau, G. (1978). *L'intervention psycho-éducative. Solution ou défi ?* Coll.: Pédagogie psycho-sociale, no 31, Paris : Fleurus, 307 p.
- Guindon, J. (1967). Le processus de rééducation du jeune délinquant par l'actualisation des forces du Moi. *Contributions à l'étude des sciences de l'homme*. No 7, Montréal : Centre de recherche en relations humaines, 320 p.
- Inhelder, B., Sinclair, H., Bovet, M. (1974). *Apprentissage et structures de la connaissance*. Paris : Presses universitaires de France, 356 p.
- Inhelder, B., Garcia, R., Voneche, J. (Éds) (1977). *Épistémologie génétique et équilibration*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 142 p.
- Larivée, S. (1977). Le fonctionnement cognitif de l'adolescent délinquant. Thèse de doctorat inédite. Université de Lausanne, 1977.
- Larivée, S. (1979). Analyse fonctionnelle de l'intelligence des adolescents délinquants. *Apprentissage et socialisation*, Vol. 3, no 2. 163-192.
- Lefebvre, M., Pinard, A. (1972). Apprentissage de la conservation des quantités par une méthode de conflit cognitif. *Revue canadienne des sciences du comportement*, Vol. IV, No 1, 1-12.
- Montpetit, G. (1975). *Quelques critères pour une décision sur le choix d'un langage de programmation pour l'enseignement*. Collège Édouard-Montpetit, Service de la recherche (secteur collégial), Ministère de l'Éducation du Québec, Longueuil, 13 pages.
- Papert, S. (1963). Étude comparée de l'intelligence chez l'enfant et chez le robot. In L. Apostel, J.B. Grize, S. Papert, J. Piaget. La filiation des structures. *Études d'épistémologie génétique*, Vol. XIV. Paris : Presses Universitaires de France, 131-194.
- Papert, S., Voyat, G. (1968). À propos du perceptron. Qui a besoin de l'épistémologie. In G. Cellerier, S. Papert, G. Voyat. *Cybernétique et épistémologie. Études d'épistémologie génétique*, Vol. XXII, Paris : Presses universitaires de France, 92-121.
- Papert, S. (1972). Teaching children thinking. *Programmed Learning and Educational Technology*, 3, 249-262.
- Papert, S., Solomon, C. (1972). Twenty Things to do with a Computer. *Educational Technology*, 12, (4), 9-18.
- Papert, S. (1972 a). A Computer Laboratory for Elementary Schools. *Computer and Automation*, 21, (6).
- Papert, S. (1973). Uses of Technology to Enhance Education. Logo Memo 8. Artificial Intelligence Laboratory : Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

- Papert, S. (1976). Some Poetic and Social Criteria for Education Design. Logo Memo 17. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Papert, S. (1976 a). *An Evaluative Study of Modern Technology in Education*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Piaget, J. (1975). L'équilibration des structures cognitives. Problème central du développement. *Études d'épistémologie génétique*, XXXIII. Paris : Presses universitaires de France, 188 p.
- Piaget, J. (1976). Le possible, l'impossible et le nécessaire. *Archives de Psychologie*, Vol. XLIV, No 172, 281-299.
- Piaget, J. (1977). Essai sur la nécessité. *Archives de Psychologie*, Vol. XLV, No 175, 235-251.
- Redl, F., Wineman, D. (1951). The Aggressive child. *Children who hate*. New York : Free Press.
- Solomon, C.J. (1976). Problem Solving in an Anthropomorphic Computer Culture. Thesis M.I.T., Boston University.
- Tessier, B. (1979). Parallèles de l'évolution dans les activités scolaires et para-scolaires chez un enfant utilisant le programme d'ordinateur Logo. *La revue canadienne de psycho-éducation*, Vol. 8, no 1, 21-30.

NOTES

1. Le mot « objet » est pris ici dans le contexte du langage informatique.
2. Un texte est actuellement en préparation sur les diverses attitudes adoptées par les enfants face aux six principes étudiés ici.
3. Le chiffre 100 dans AVANCE 100 correspond à 100 unités de mesure ; chaque unité de mesure correspond à un déplacement de la tortue sur l'écran. À titre indicatif, 100 unités de mesure correspondent à environ 2cm. Le chiffre 100 dans DROITE 100 correspond à un angle de 100 degrés.
4. À ce stade, le mot CARRÉ est utilisable au même titre que sur les autres commandements de base, AVANCE, RECULE, etc.
5. Si au point de départ le sujet avait opté pour l'autre partie de l'alternative, ce conflit aurait été inexistant. Plutôt que d'utiliser APPRENDS il aurait utilisé CHANGE ce qui aurait entraîné le nom nécessité d'un nouveau « naming ».
6. Dans le cadre de notre pratique rééducative nous avons qualifié l'appellation input par le terme acteur faisant ainsi allusion aux changements de costume nécessités par des rôles différents joués toutefois par la même personne.
7. Nous passons ici sous silence certains détails techniques afin de ne pas allourdir le texte. Notons cependant que le sujet devra faire effacer les lignes subséquentes en utilisant le commandement EFFACE LIGNE 40, « 40 » étant le numéro de la ligne.
8. Bouton de contrôle : ce bouton permet l'arrêt automatique de toute procédure en train de s'exécuter.
9. Un lecteur non averti ou simplement non habitué au langage de l'informatique pourrait avoir éprouvé quelques difficultés à comprendre notre exemple. Selon nous, cette difficulté rejoint aussi cette hypothèse toute piagétienne à l'effet que le réel s'assimile d'autant mieux qu'on agit sur lui.
10. Sauf évidemment si le but est le plaisir fonctionnel de répéter.
11. Dans le cadre de l'approche systémique de l'activité psycho-éducative telle que prônée par Gendreau (1978), nous ferions référence ici au « système de reconnaissance ».
12. Une recherche entreprise au Centre d'Orientation semble abonder dans ce sens (Tessier, 1979).
13. Nous avons tenu à présenter cette citation intégralement car ces propos auraient pu être tenus par bien des partisans des théories rééducatives à la mode. Et pourtant, ils sont de Piaget.