

LOGO : MYTHE ET REALITES

S. Papert et les recherches
expérimentales



Introduction

La parution de « Jaillissement de l'Esprit⁷ » de Seymour Papert a provoqué au début des années 1980 un tel « remue-méninge » qu'il a fallu une décennie d'expérimentations à ses partisans et à ses détracteurs pour permettre d'y voir un peu plus clair. Les propositions formulées par S. Papert inspirées par une épistémologie constructiviste et plus particulièrement par l'épistémologie génétique de J. Piaget à laquelle il se réfère explicitement, sont-elles fondées ?

S. Papert s'appuie sur la conviction qu'une notion est facile à acquérir dès l'instant où on peut la rapprocher de modèles déjà assimilés. Il commence par examiner ce qu'il sait de ses propres cheminements intellectuels : Dès son plus jeune âge, S. Papert devient expert en engrenages : il prend plaisir à faire tourner les roues dentées qui le composent et à suivre les enchaînements de causes à effets qu'elles provoquent : telle roue tourne dans un sens, donc telle autre doit tourner dans tel autre sens et ainsi de suite... Le fait d'avoir tant joué avec des différentiels l'a davantage ouvert aux mathématiques que tout ce qui lui a été enseigné à l'école primaire. En particulier, le modèle des engrenages lui permet de mieux apprendre les tables de multiplication ainsi que les équations à deux inconnues. Les engrenages, en tant qu'« objets pour penser avec », lui servent d'introduction aux systèmes formels. Ils les utilisent pour s'aider à devenir mathématicien.

Ce que les engrenages ne peuvent pas toujours faire, être source d'intérêt pour tous les enfants, l'ordinateur doit pouvoir le faire parce qu'il peut prendre des milliers de formes et servir à des milliers de fonctions. Pour cela, Papert et son équipe développent un langage qui doit permettre aux enfants - car c'est à eux qu'il s'adresse en priorité - de communiquer avec l'ordinateur. Directement adapté de Lisp, langage phare de l'intelligence artificielle dans les années 70, il le nomme Logo afin de suggérer que ce langage est avant tout figuratif et, en second lieu seulement, quantitatif. En pratiquant Logo, c'est à dire en dessinant par l'intermédiaire d'une « tortue » qui laisse une trace de son passage, en composant, en communiquant avec l'ordinateur, les enfants doivent acquérir, au delà du simple jeu, toutes sortes d'acquisitions : Ils accèdent aux notions de forme, de changement de forme (exploration des propriétés des figures géométriques) ainsi qu'à celles de processus ou de procédures (acquisition d'aptitudes cognitives). Nous retrouvons là deux arguments pour l'apprentissage précoce de la programmation avec Logo : D'abord, ce langage doit être un outil valable pour l'enseignement et l'apprentissage de toutes sortes de concepts de mathématiques et en particulier de géométrie. En second lieu, en programmant en Logo, les enfants peuvent acquérir d'importantes aptitudes cognitives telles que planifier une procédure pour arriver à une solution, diviser un problème en sous-problèmes ou corriger ses propres erreurs, aptitudes qu'ils doivent pouvoir transférer à d'autres situations et, pourquoi pas, dans d'autres disciplines.

S. Papert poursuit d'autres objectifs :

- Permettre aux enfants d'apprendre à se servir d'ordinateurs de manière active, ouverte. Ce faisant, « en apprenant à penser à l'ordinateur », l'enfant se lance dans une réflexion : il lui faut retrouver comment il pense lui-même. En pensant sur sa pensée, il devient épistémologue. Nous retrouvons là le thème

⁷ Papert **Seymour**, *Jaillissement de l'esprit, ordinateurs et apprentissages*, Flammarion, Paris, 1981.

central de la pensée constructiviste : le sujet, l'enfant, est le bâtisseur actif de ses propres structures intellectuelles.

- Permettre aux enfants de pratiquer des activités valorisantes, sur le modèle des écoles de samba au Brésil où jeunes et adultes coopèrent dans un même élan avec un objectif commun : la préparation du carnaval de Rio. Pour Papert, l'apprentissage traditionnel à l'école ne permet pas de participation active à quoi que ce soit. Faire des opérations peut difficilement passer pour l'imitation d'une activité d'adulte, passionnante et identifiable. Par contre, écrire un programme pour obtenir de la musique ou un graphique sur l'écran d'un ordinateur, voilà qui a beaucoup en commun, avec de vraies activités d'adultes. En outre, les erreurs que les uns ou les autres commettent, deviennent sujets de conversation. Le résultat est que les élèves acquièrent un langage construit et précis. Le milieu Logo rend plus riche et plus facile les échanges entre les partenaires et permet des relations de maître à élève plus articulées, plus franche et plus efficace. De plus, la différence entre ces derniers quand ils sont confrontés à un même problème nouveau, tend à s'estomper et rejoint l'état d'esprit des écoles de samba précitées.

Ce dernier point met en évidence un aspect de l'enseignement de Logo dans un champ socio-cognitif qui dépasse le cadre de l'épistémologie génétique piagétienne proprement dite qui se préoccupe essentiellement des rapports entre le sujet et le développement de ses connaissances. Il est à regretter que les apports de Logo dans ce domaine apparaissent peu dans la littérature.

Les recherches menées depuis une dizaine d'années dans le champ de l'expérimentation de la programmation avec Logo, à travers les apports éventuels à la connaissance des mathématiques, aux capacités cognitives (et à leur transfert) permettent d'évaluer les propositions de S. Papert. Je citerai en particulier l'ouvrage *Logo et apprentissages*⁸ publié sous la direction de J.L. Gurtner et de J. Retschiski qui regroupe les points de vue et les résultats de nombreux chercheurs et praticiens que j'utilise à plusieurs reprises. Le lecteur y trouvera en outre un ensemble de références bibliographiques conséquent (plus de trois cents).

⁸ Gurtner J. Luc et Retschitski Jean (sous la direction de), *Logo et apprentissages*, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel - Paris, 1991.

Logo et l'apprentissage des mathématiques

Les propositions de S. Papert

Pour S. Papert, les enfants doivent apprendre les mathématiques comme une langue vivante. Tout comme on apprend naturellement l'italien en Italie, on apprendrait les mathématiques en « Mathématique », autrement dit en baignant dans un environnement qui favoriserait l'éclosion de la pensée mathématique. Il formule explicitement l'hypothèse que ce que nous considérons comme trop formel ou trop mathématique s'apprendra aussi aisément que la langue du pays dès l'instant où les enfants grandiront dans un monde riche en ordinateurs. Ce que l'école traditionnelle cherche à inculquer à grand peine, au prix de tant de dépenses, de souffrances et d'échecs devra pouvoir être acquis aussi simplement que la langue maternelle avec plein de succès, sans douleur et sans enseignement organisé.

L'enseignement traditionnel

A ses yeux, la salle de classe est un environnement artificiel et de rendement faible. Les enfants démarrant dans la vie avec une grande soif d'apprendre, pour quelles raisons y-a-t'il, pour la majorité d'entre eux, passage de la « mathophilie » à la « mathophobie » ? Il propose une comparaison avec l'image de la danse : c'est comme si, avant d'effectuer les premiers pas, le danseur en herbe avait l'obligation de les dessiner sur du papier quadrillé et de passer des examens théoriques. Le résultat ne serait-il pas un monde peuplé de « dansophobes » ? A l'école, il voit les enfants contraints de suivre la pire voie qui soit pour accéder aux mathématiques : la voie du « par cœur », de l'ingurgitation forcée d'un matériau qui n'a pas de sens, pas de signification perceptible. Cette pédagogie ne donne à ceux qui apprennent les mathématiques que bien peu de chances d'entrevoir le sens profond, la raison d'être de ce sur quoi porte leurs efforts. C'est l'exemple type de ce qu'il nomme, l'apprentissage dissocié et auquel il veut remédier.

Avant l'ordinateur, il existait fort peu de points de contacts entre la vie de tous les jours et les notions de mathématiques les plus fondamentales. A l'époque préinformatique⁹ (nommée comme telle par S. Papert), il lui semble que la technologie primitive du papier et du crayon a du jouer un rôle limitatif dans la définition de ce qu'on pouvait faire dans le cadre d'une salle de classe en matière de mathématique : par exemple des courbes d'où le développement de la géométrie analytique. Il souligne que la raison pour laquelle telle ou telle notion était inscrite dans un programme était son adéquation au règne du papier et du crayon. Il assimile les mathématiques scolaires à une langue morte qui exige de l'enseignant un contrôle indiquant à l'élève s'il se trompe ou non. Ce contrôle est organisé sous forme de séquences d'exercices qui n'ont pour lui que l'intérêt d'être faciles

⁹ Les trois grandes périodes de l'histoire de l'humanité : l'époque préhistorique avant l'avènement de l'écriture, l'époque préinformatique avant l'arrivée de l'ordinateur et, depuis, l'époque actuelle : l'âge d'or de la civilisation... ! Cette boutade caricature les propos de S. Papert mais je pense qu'elle illustre quelque peu son état d'esprit.

à noter et qui leur ont assuré une place de choix au centre des mathématiques scolaires.

Les apports de l'informatique

A contrario, l'ordinateur peut apporter ce contact entre le vécu et les concepts mathématiques. Ce qu'il propose vient prolonger dans le domaine des mathématiques l'apprentissage naturel décrit par Piaget dans le domaine de la langue maternelle. Cet apprentissage se confond avec d'autres activités. Il n'y a pas d'heure de la leçon. Ce mode d'apprentissage s'oppose à l'apprentissage dissocié. Avec Logo, S. Papert a voulu délibérément brouiller les pistes. Aucune activité informatique particulière ne se voit affublée de l'étiquette « apprentissage des mathématiques ». Le micromonde de la géométrie Tortue (ensemble des routines graphiques de Logo) offre aux enfants un domaine mathématique nouveau et un premier terrain d'expériences de mathématiques formelles. L'ordinateur devient un instrument d'expression mathématique. Pour que chaque enfant puisse s'approprier la géométrie Tortue, il fixe un certain nombre de principes :

- **Le principe de continuité** : les mathématiques abordées doivent présenter une continuité avec des connaissances personnelles bien assimilées. Il est à noter que cette conception s'oppose à celle d'obstacle nécessaire, pour certains auteurs de l'école francophone de didactique des mathématiques avec en particulier Guy Brousseau¹⁰, à l'évolution de la pensée du sujet épistémique. Il est à noter que S. Papert prend en compte cette notion d'obstacle dans un chapitre consacré à l'apprentissage de la physique à l'aide d'un micromonde spécifique où il note que de nouvelles connaissances viennent souvent en contradiction des anciennes et qu'un apprentissage efficace exige des stratégies permettant de surmonter ces conflits. Tantôt il est possible de réconcilier les notions en conflit, tantôt il faut en abandonner une, ou bien, si on veut conserver les deux, il faut les classer à part, chacune dans un compartiment distinct de l'esprit. C'est le processus que J. Piaget définit comme l'assimilation.
- **Le principe de puissance ajoutée** : celui qui apprend doit pouvoir se lancer dans des projets chargés de signification personnelle.
- **Le principe de résonance culturelle** : la question étudiée doit trouver un sens dans un contexte social plus vaste. La géométrie doit avoir un sens aux yeux des enfants. Mais elle n'en aurait pas pour eux si elle n'en avait pas aussi aux yeux de adultes.

Ces deux derniers principes montrent tout l'intérêt que S. Papert porte au champ socio-cognitif de l'apprentissage. Un élève n'est jamais seul face à un ordinateur. Il se situe toujours dans un environnement social dont il faut tenir compte.

¹⁰ Brousseau Guy, *Obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématique*, Revue de Didactique des Mathématiques N°4.2, La Pensée Sauvage, Grenoble 1983.

Les bénéfices que l'enfant peut retirer de sa pratique de la géométrie Tortue portent sur trois domaines :

- la « protomathématique¹¹ », c'est ainsi que S. Papert nomme l'ensemble des notions de mathématiques non encore explicitement formulées par l'enfant,
- les mathématiques scolaires auxquelles S. Papert ne porte pas grande considération car ils les considèrent comme vide de sens pour l'enfant,
- les autres mathématiques que S.P ne nomme pas mais qu'il évoque à partir d'un exemple, celui du cercle. Le concept de cercle peut être abordé au travers de :
 - la géométrie euclidienne, comme l'ensemble des points équidistants d'un point donné : son centre,
 - la géométrie cartésienne (analytique) où la position des points est définie « de manière statique » par une équation,
 - la géométrie différentielle où la position des points est définie par une différence de position élémentaire, les uns par rapport aux autres, de « manière dynamique ». La géométrie Tortue permet une approche expérimentale de la géométrie différentielle alors qu'elle n'est abordée que tardivement et de manière formelle dans le cursus du lycéen.

Nous retrouvons ici la notion de cadre, chère à Régine Douady¹², à l'intérieur du cadre géométrique.

Saisir les relations entre ces formes de géométrie et donc les utiliser à bon escient, constitue pour S. Papert ces autres mathématiques. Cette troisième catégorie correspond aux mathématiques pour lesquelles on a une compréhension globale. Est-elle accessible aux enfants ? Ne serait-ce pas plutôt le point de vue de l'expert ?

De plus S. Papert cite quelques concepts mathématiques pour lesquels le travail en géométrie Tortue fournit des modèles intuitifs, en particulier :

- **la mesure des angles** : Il associe la notion d'angle à celle de navigation qui fait l'objet d'activités vivantes et concrètes (navigation aérienne, maritime ou autre) et l'oppose à son utilisation dans le cadre des mathématiques scolaires qu'il n'hésite pas à qualifier de morte et d'abstraite à maintes reprises.
- **le concept de variable** : L'idée d'utiliser un symbole pour désigner une valeur qui n'est pas connue apparaît comme rapidement nécessaire à l'apprenti programmeur et lui évite d'avoir à écrire des listes d'instructions démesurées.
- **la récursion** : S. Papert note que cette notion se détache comme étant la plus marquante, celle qui provoque le plus de réactions d'enthousiasme. Elle plonge ses racines dans la culture populaire. Témoin, cette devinette connue qui illustre la récursivité terminale : Si une fée te disait de faire deux souhaits, que demanderais-tu pour le deuxième ? (réponse : deux autres souhaits). En pratiquant la récursivité, les enfants découvrent de par leurs expériences (en modifiant les valeurs de quelques variables) des figures surprenantes qui sus-

¹¹ Que l'on pourraient aussi nommer *préscolaire* ou *parascolaire*.

¹² Douady Régine, *Jeux de cadre et dialectique outil-objet dans l'enseignement des mathématiques*, thèse d'état, Paris VII, 1984.

citent bien souvent de longues recherches d'approfondissement, explorations où se combinent, avec la réflexion esthétique, les pensées numériques et géométriques et leur permet une approche de l'infini.

La pensée de S. Papert concernant les effets de la géométrie Tortue peut être synthétisée par les phrases suivantes : Les concepts mathématiques nouvellement acquis confèrent à l'enfant un regain de pouvoir. Il prend conscience de ce que les mathématiques ont pu et peuvent permettre à des civilisations entières de faire ce qui, jusque-là, était demeuré impossible. L'enfant devient mathématicien.

Cette vision idyllique de l'enfant, en quête de mathématique vraie, a entraîné à sa suite de nombreux enseignants qui ont cherché à mettre en pratique les propositions de S. Papert et à en établir la véracité.

Les expérimentations Logo

Le point de vue de M. Valcke¹³

Martin Valcke présente une hypothèse générale et trois sous-hypothèses accompagnées de leur conclusion tirée d'études statistiques évaluant un ensemble d'activités Logo non-précisées:

Hypothèse générale

Le travail avec Logo a un effet positif sur les performances des élèves à un test centré sur les mathématiques.

Conclusion

Il n'existe pas de différences significatives entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle. Mais une tendance très claire apparaît : si la période de recherche avait été plus longue, un effet significatif aurait pu apparaître.

Trois sous-hypothèses

1. Il existe des différences significatives entre les résultats des élèves ayant des connaissances mathématiques faibles et ceux des élèves ayant des connaissances mathématiques fortes.

Conclusion

Le travail avec les micro-mondes confirme les différences qui existent entre les élèves et ne favorise aucun niveau de mathématique en particulier.

2. Il existe des différences significatives entre les élèves ayant un score d'intelligence faible et ceux ayant un score d'intelligence fort.

Conclusion

Les activités Logo confirme les différences qui existent préalablement entre les élèves, elles ne les réduisent pas.

3. Il existe des différences significatives entre les résultats des filles et ceux des garçons.

¹³ Valcke Martin, « Micro-mondes et mathématiques au primaire » in Gurtner J. Luc et Retschitski Jean, *Logo et apprentissages*, 1991.

Conclusion

Pas de différences significatives entre les résultats des filles et ceux des garçons.

Le point de vue de M.-J. Haguel¹⁴

Suite à une expérimentation basée sur le concept de fonction proposée à des élèves de dix-sept ans et plus, Marie-Jane Haguel relève que l'écriture de quelques procédures leur apporte un éclairage nouveau et leur donne l'occasion de réfléchir, en particulier :

- sur la notion de variable comme symbole muet dans une expression pouvant prendre différentes valeurs,
- sur la notion de fonction comme règle de calcul qui, pour une valeur de la variable, fournit une image.

Elle pense que la manipulation des procédures Logo développe chez l'élève une meilleure compréhension de ces deux concepts.

Le point de vue de G. Lemoine¹⁵

S'inspirant des travaux de R. Douady sur les changement de cadres, Gisèle Lemoine expose dans son article un ensemble d'activités destinées à des élèves du secondaire dont l'âge varie entre douze et quinze ans où des expressions algébriques sont représentées géométriquement sous forme de carrés. Les valeurs numériques attribuées aux variables utilisées dans les expressions ne sont pas connues des élèves. Les grandeurs des figures sont rapidement perceptibles et peuvent être facilement adaptées par une transformation de l'expression algébrique.

Le cadre géométrique Logo de visualisation des résultats de calculs littéraux lui apparaît comme étant un levier didactique puissant. Il oblige les élèves à un calcul relationnel et à une démarche hypothético-déductive. Il lui semble être un cadre charnière entre le cadre arithmétique et le cadre algébrique. Elle souligne que tous les élèves qui ont participé à son étude, ont su profiter de ce cadre.

¹⁴ Marie-Jane Haguel, « Logo dans un cours de pré-calcul centré sur le concept de fonction » in *Logo et apprentissages* précité.

¹⁵ Lemoine Gisèle, « Situations Logo de construction formelle des propriétés des opérations arithmétiques » in *Logo et apprentissages* précité.

Le point de vue de R. Noss et C. Hoyles¹⁶

Richard Noss et Celia Hoyles proposent un ensemble de réflexions concernant Logo et les mathématiques mais ne détaillent pas les expérimentations sur lesquelles ils s'appuient.

Pour eux, Logo offre indubitablement un environnement riche et excitant dans lequel la réalisation de projets donne, aux yeux des enfants, du sens à l'utilisation des mathématiques. Elles y deviennent des outils intellectuels nécessaires à la bonne marche de leurs projets. En outre, Logo constitue un environnement informatique qui peut donner accès à certaines idées mathématiques qui seraient sinon totalement hors de portée (à rapprocher des propos de S. Papert concernant la géométrie différentielle).

Ils reconnaissent que l'utilisation de stratégies intuitives en Logo peut faciliter, contrairement à d'autres activités non formelles qui ne seraient pas basées sur l'ordinateur, l'émergence ultérieure d'un travail analytique, en permettant aux enfants de développer et de corriger leurs propres intuitions par un processus de généralisation inductive. Leurs représentations symboliques peuvent alors provenir de l'action plutôt que de leur être imposées « d'en haut ». Dans ce cas, Logo peut servir d'échafaudage pour soutenir la construction d'une passerelle sur le fossé séparant les actions des généralisations.

Ce constat est néanmoins tempéré à d'autres moments de leur analyse. Ils soulignent trois points d'achoppement :

- **L'utilisation non réfléchie des outils logiciels** : Jusqu'à quel point les élèves sont-ils conscients des structures et des relations que ces outils impliquent ? Ils rappellent que les élèves prennent souvent plaisir à exploiter les possibilités du REPETE¹⁷, sans avoir même réfléchi sur sa structure et les relations mathématiques qu'ils sont supposés y découvrir. Est-ce bien raisonnable d'attendre des élèves qu'ils soient conscients des structures sous-jacentes ?
- **La négligence des outils logiciels** : Ils observent aussi que les élèves vont parfois renoncer à utiliser certains outils alors qu'ils les connaissent bien, par exemple lorsqu'ils choisissent de revenir au pilotage alors même qu'ils ont antérieurement construit des procédures capables de faire l'opération pour eux. Un tel phénomène révèle que l'enfant ne s'est pas réellement approprié le nouvel outil. Cela ne veut pas dire qu'il ne reconnaît pas ou qu'il ne comprend pas ce nouvel outil, mais seulement que celui-ci n'est pas encore intégré à sa compréhension du système pour qu'il supplante des connaissances ou des stratégies existantes.
- **La négligence d'une analyse mathématique** : Les enfants négligent de faire appel à leur connaissances en math dans leur travail en Logo. Le transfert des mathématiques vers l'informatique ne s'effectue pas automatiquement. Il ne faut pas perdre de vue que la programmation en Logo nécessite, elle aussi, des connaissances mathématiques.

¹⁶ Noss Richard, Hoyles Celia, « Deux pas en avant, un pas en arrière ? », in *Logo et apprentissages* précité.

¹⁷ REPETE : instruction du langage Logo qui, comme son nom l'indique, permet de répéter automatiquement une instruction ou un ensemble d'instructions (l'itération bornée pour les informaticiens).

Pour y remédier, ils soulignent qu'il est important que le maître intervienne et structure l'activité s'il veut amener les élèves à prendre conscience des aspects mathématiques sous-jacents ou nécessaires à la programmation Logo. Cette intervention est nécessaire durant l'activité, mais également une fois l'activité terminée pour authentifier ces contenus dans le langage mathématique.

Nous allons maintenant nous intéresser aux apports de Logo dans le domaine des aptitudes cognitives et plus particulièrement celles concernant la résolution de problèmes.

Logo et le transfert cognitif

Les propositions de S. Papert

S. Papert présente son livre, « le jaillissement de l'esprit », comme un exercice d'épistémologie génétique appliquée et se propose d'étudier de manière critique la genèse de l'acquisition des connaissances. A dire vrai, nous avons pu observer dans la partie concernant l'enseignement des mathématiques, que ses critiques portent surtout sur l'école traditionnelle qu'il affuble de bien des maux et pas sur ses propres propositions qui doivent révolutionner l'enseignement.

Il n'y est pas question que de mathématiques. Pour lui, apprendre à communiquer avec un ordinateur a toutes les chances de modifier la façon dont se déroule tous les autres apprentissages.

Deux thèmes majeurs charpentent son plan de recherche :

- La conviction que les enfants peuvent apprendre à se servir des ordinateurs et de main de maître.
- La remarque que cet apprentissage peut modifier la façon dont ils aborderont le reste.

Il fait remarquer que notre culture est relativement pauvre en modèles de procédure systématique. Faute de stimulants et de matériaux conduisant à élaborer des modes de pensée puissants et concrets, les enfants sont contraints d'aborder les problèmes de systématisation de manière abstraite et par tâtonnements. L'ordinateur, de par la programmation, est riche de ses méthodes et sa pratique devrait permettre d'y suppléer.

Les modèles informatiques donnent une forme concrète à des domaines de la connaissance qui ont toujours paru intangibles et abstraits. Il en cite volontiers deux :

- **apprendre à organiser sa pensée** : Il cite l'expérience de combinaison de paires de perles de couleurs différentes où il constate le fait que la plupart des enfants ne parviennent pas à effectuer ce travail de façon systématique avant la cinquième ou la sixième année d'école. Cette tâche peut être rapprochée de la programmation par boucles emboîtées. Il formule l'hypothèse que pour un enfant de culture informatique, ce petit jeu serait aussi concret que de manier couteaux et fourchettes en mettant le couvert.
- **apprendre comment on apprend** : Beaucoup d'enfants sont bloqués dans l'acte d'apprendre parce que, pour eux, quand on apprend, c'est tout ou rien. On a compris ou pas. Mais quand on essaie de programmer un ordinateur, on n'y arrive presque jamais du premier coup. Et apprendre à programmer un ordinateur, c'est devenir habile à déceler où se nichent les erreurs et à y remédier. Ce pouvoir de l'ordinateur de modifier notre vision manichéenne de la réussite et de l'échec, est l'un des exemples d'usage possible de l'ordinateur comme « objet-pour-penser-avec ».

Nous retrouvons le thème récurrent de l'enfant épistémologue.

Aux craintes de voir l'enfant adopter l'ordinateur comme modèle et d'adopter lui-même une pensée mécanique, il répond que, par la pratique de Logo, le sujet devient conscient de ce que peut, de ce qu'est la pensée mécanique et de ses

limites. Programmer la Tortue exige que l'on réfléchisse d'abord sur la façon dont on ferait soi-même ce qu'on désire lui faire faire et qu'ensuite on tienne compte des possibilités de l'ordinateur pour la réalisation effective.

Cette stratégie qui consiste à partir du familier pour accéder à l'inconnu, permet de rencontrer quelques idées générales comme le plan d'exécution d'un projet ou la correction des erreurs.

L'organisation d'un projet

La géométrie Tortue a d'abord été construite pour que les enfants puissent lui trouver du sens, qu'ils voient en elle quelque chose qui s'accordent avec eux et soit en résonance avec leur perception de ce qui est important. On peut la définir comme une forme d'apprentissage syntone (terme de la psychologie clinique) opposé à l'apprentissage dissocié. La géométrie Tortue s'apprend parce qu'elle est syntone. Elle offre un appui pour d'autres apprentissages parce qu'elle amène à utiliser de manière consciente et délibérée des stratégies d'apprentissage et des méthodes face aux problèmes rencontrés.

S. Papert se rapproche de Georges Polya, mathématicien américain, qui avance l'idée qu'on devrait enseigner les grandes lignes des principales façons d'aborder un problème, par exemple, en se demandant :

- si le problème peut se diviser en problèmes plus simples. Ce procédé est à rapprocher de l'analyse descendante en programmation structurée (dont Logo est l'un des langages représentatifs) associée à la notion de procédure. Par exemple, le programme MAISON peut être décomposé en procédures CARRE pour la représentation des murs et TRIANGLE pour le toit.
- si le problème peut se rapprocher d'un autre déjà résolu : Si l'on veut faire tracer un cercle à une Tortue, le moyen de s'en sortir est justement de rapprocher ce problème d'un autre similaire mais dont la solution est parfaitement connue : celui de décrire un cercle en marchant.

La correction des erreurs

S. Papert constate que les enfants opposent parfois une résistance délibérée à la recherche de "ce qui cloche" dans leur manière de s'y prendre. Au lieu de rechercher où "ça coince", l'enfant recommence tout. Parfois il renonce. Quand il s'entête, il reprend ses essais avec une persévérance admirable, mais à chaque fois il repart de zéro, et toujours, apparemment, dans l'espoir d'« avoir bon » du premier coup. C'est bien compréhensible, l'éthique scolaire a trop bien nettoyé la place, là où nous voyons un bon programme avec tout juste un petit défaut, l'enfant voit du faux, du mauvais, du nul. L'école enseigne que les fautes sont un mal. Résultat : elles sont un repoussoir, et l'idée ne viendrait pas de les regarder de près, de leur accorder un peu de réflexion. L'expérience de la programmation, plus que tout autre activité, amène les enfants à croire en cette philosophie.

En milieu Logo, les enfants comprennent que l'enseignant lui-même est toujours en train d'apprendre et que chacun de nous apprend par ses erreurs.

Le transfert des compétences cognitives

Ces stratégies que l'enfant met en œuvre dans la programmation sont-elles transférables lors de la pratique d'autres activités. S. Papert le suggère en citant quelques exemples :

Il relate l'expérience de Jenny (treize ans) :

« Maintenant, je sais pourquoi il y a des noms et des verbes ! », s'exclame t'elle. En essayant de faire réaliser des poèmes à son ordinateur, elle s'est retrouvée en train de classer elle-même les mots en catégories, parce qu'elle avait besoin de le faire pour poursuivre son objectif. Elle avait saisi là quelque chose de profond et chargé de signification. Elle n'avait pas seulement compris la grammaire, elle avait plus encore modifié son rapport avec cette discipline. La grammaire était désormais sienne.

Nous retrouvons là un phénomène d'appropriation, de dévolution chère à G. Brousseau, remarquée dans le cadre de l'apprentissage (non provoqué) de la grammaire.

S. Papert décrit aussi l'apprentissage de la marche avec échasses de Michaël et Paul.

Michaël, c'est le costaud athlétique, pas très bon en classe, incapable d'écrire des programmes informatiques autres que linéaires. Paul, plus frêle, réussit bien à l'école et est capable de prouesses en programmation structurée. Placés tous les deux devant le même défi, apprendre à utiliser des échasses, Michaël y parvient, mais bien après Paul qui s'était construit mentalement un programme d'apprentissage modulaire pour lequel les causes d'échecs était bien plus faciles à repérer et à corriger. S. Papert pense que l'analogie de l'approche de Paul avec la programmation structurée est évidente et qu'il y eu transfert de cette activité à la marche avec échasses.

S. Papert décrit encore par le menu comment apprendre à jongler en utilisant un « pseudo-langage » proche du Logo. Il énonce un ensemble de procédures correspondant chacune à des actions élémentaires de l'art du jonglage. Pour lui, il est hors de doute que cette stratégie est très efficace car elle facilite à l'extrême le dépistage des causes d'échec et leur élimination. Il n'hésite d'ailleurs pas à généraliser en proclamant que ce qui peut être fondamental pour l'intelligence humaine, comme pour l'intelligence artificielle, c'est le principe de modularité épistémologique. On a longuement débattu sur la question de savoir si la machine idéale, en matière d'intelligence artificielle, serait analogique ou numérique, et si le cerveau lui-même est analogique ou numérique. L'important, pour lui, n'est pas de savoir si le cerveau ou l'ordinateur fonctionnent en discontinu, mais si les connaissances peuvent être modularisées. Il précise que le savoir est plus facile à transmettre, à assimiler et à reconstruire quand il peut être fractionné en « petites bouchées intelligibles ».

Cette foi sans faille dans le transfert des capacités cognitives relevant de la programmation Logo, est-elle partagée par les expérimentateurs Logo ? C'est ce que nous allons examiner.

Les expérimentations Logo

Le point de vue de B. Denis¹⁸

Brigitte Denis s'interroge sur les objectifs atteints par les apprenants à la suite des expériences LOGO : Dans l'environnement Logo, les apprenants mettent en oeuvre des procédures de résolution de problème : ils décomposent leurs pro-

¹⁸ Denis Brigitte, « Peut-on évaluer les effets de Logo ? » in *Logo et apprentissages* (précité).

jets, formulent des hypothèses sur la manière de les réaliser, prédisent le résultat de leur action et les évaluent.

Mise en oeuvre de procédures de résolution de problèmes, coopération entre apprenants, ces comportements observés dans l'environnement Logo sont-ils transférables à d'autres situations ? Pas forcément, répond-elle. En effet, les résultats des recherches sur le transfert des capacités cognitives ont montré qu'il faut envisager cette possibilité avec prudence. Il est possible que les utilisateurs de Logo apprennent à résoudre des problèmes et que cette capacité s'actualise dans d'autres situations que Logo, mais ceci n'est qu'une hypothèse et elle n'est pas aisée à vérifier. Elle souligne, en outre, la difficulté de concevoir une épreuve qui mesurerait un éventuel transfert des conduites apprises en milieu Logo et rappelle que des individus ayant un stade de développement élevé, ne mettent pas forcément en oeuvre des stratégies de ce niveau.

Le point de vue de L. Verschaffel, E. De Corte et H. Schrooten¹⁹

Les auteurs font remarquer l'importance d'un quota minimum d'heures de pratiques en Logo. A leur avis, cinquante à soixante heures semblent être nécessaires. De plus il semble préférable que les différentes sessions Logo se suivent de près afin de ne pas consacrer trop de temps au rafraîchissement de ce que les élèves ont appris dans les sessions précédentes.

Dans la conclusion de leur article, Lieven Verschaffel, Erik de Corte et Hilde Schrooten semblent plus optimistes. : L'aptitude de la programmation peut-elle avoir un impact sur les aptitudes cognitives des élèves de l'école élémentaire ? Sur la base d'études, certaines anciennes, d'autres plus récentes, ils estiment pouvoir donner une réponse modérée mais positive à cette question. Les résultats suggèrent en effet que l'apprentissage de la programmation en Logo peut aboutir à un transfert d'aptitudes cognitives générales à condition que l'initiation à Logo soit conduite dans un environnement didactique vigoureux et axé spécifiquement sur l'acquisition et le transfert d'aptitudes cognitives. Même alors, les transferts obtenus sont principalement des transferts proches et spécifiques.

Le point de vue d'A. Blanchet

Alex Blanchet rappelle que les initiateurs de Logo ont nourri l'espoir que le travail de programmation allait permettre aux enfants de prendre conscience de leur manière de penser et les inciter à une réflexion sur leurs démarches cognitives.

Pour que le travail de programmation puisse avoir de tels effets, il propose deux conditions nécessaires :

- La décomposition des figures imposées par la programmation doit correspondre à l'analyse que l'enfant peut faire dans des conditions naturelles, quand il se déplace dans l'espace : en décomposant les figures pour élaborer un programme, l'enfant se rend compte de sa propre manière de faire. Pour cela, il faut qu'entre les primitives de la tortue et les primitives spatiales utilisées par l'enfant, existent des correspondances étroites. Or, celles-ci sont loin d'être évidentes.
- Quand ce n'est pas le cas, l'enfant se rend compte des différences qui distinguent sa propre manière d'organiser le travail de celle de la machine. Pour

¹⁹ Verschaffel Lieven, De Corte Erik et Schrooten Hilde, « Transfert des stratégies cognitives par un système didactique basé sur Logo » in *Logo et apprentissages* (précité).

être mis en correspondance, il faut que ces styles soient suffisamment proches. Sinon, la programmation est simplement vue comme une manière particulière de travailler, plutôt rébarbative, ressemblant davantage à un exercice de mathématique imposé plutôt qu'à une manière naturelle de travailler.

Les auteurs précités ainsi que d'autres permettent de mettre en évidence un certain nombre de conditions favorables à une expérience Logo réussie. Je propose de les rappeler en conclusion.

Conclusion

Une des grandes questions qui se pose est de savoir quels sont les types d'environnement pédagogiques les plus propices à l'atteinte des objectifs visés par la pratique d'ateliers Logo.

T. Lemerise²⁰ propose trois types de projets, d'efficacité croissante :

- **Les projets libres** : Ils sont inspirés directement de la pratique de S. Papert. Les projets sont choisis par les enfants eux-mêmes en fonction de leurs idées. Les interventions du maître sont limitées aux demandes de l'enfant. En fin de projet, à un mini-sondage sur les apports de Logo, près de la moitié de élèves répondent : "Je ne sais pas" ou bien "Je n'ai rien appris". Ces propos traduisent, à leur façon, la perception suivante : quand il n'y a pas d'enseignement même au sens large, il n'y a pas d'apprentissage. Les réponses du type "je ne sais pas" rappellent que tout apprentissage centré sur l'action doit être accompagné d'un apprentissage ou d'un travail conceptuel habilitant les enfants à traduire en mots leur nouvelle compétence au niveau de l'action.
- **Les projets orientés** : Les critiques relatives à l'environnement précédent l'amène à proposer des objectifs concrets tels la création d'un damier ou d'un clavier de piano. Les enfants sont très réceptifs aux propositions mais T. Lemerise note que les enfants connaissant mal le b.a.-ba des caractéristiques procédurales, cela les limite grandement dans leur possibilité d'utilisation et d'organisation des procédures. Ce second environnement fait clairement ressortir que certaines habiletés élémentaires doivent être maîtrisées préalablement à toute utilisation de la procédure dans la résolution de tâches présentant un grain de complexité.
- **Les projets structurés** : Les projets proposés sont conçus de manière à favoriser la compréhension et la mémorisation d'un ou plusieurs concepts bien définis. Le résultat est que tous les enfants impliqués dans ce type de projet ont acquis des compétences de base en habileté procédurale comme définir, modifier, transformer, exporter et organiser des procédures.

Il est à noter que seul le cadre des projets structurés permet d'atteindre les objectifs visés par la pratique du Logo. L'avis de T. Lemerise rejoint celui formulé précédemment par L. Verschafflen, E. De Corte et H. Schrooten qui font part de la nécessité de conduire des actions Logo dans un environnement didactique vigoureux.

O. De Marcellus²¹ partage cette opinion dans la mesure où il propose lui aussi des projets structurés aux élèves, mais des projets d'envergure comme la réalisation complète d'un jeu. Ces projets s'inscrivent, cette fois, non pas dans le cadre de projets individuels, mais dans celui de projets de classe. Son expérience pratique lui permet de proposer un vade-mecum du « bon » animateur Logo. Pour O. De Marcellus, il doit :

²⁰ Lemerise Tamara, « Projets libres, projets orientés ou projets structurés : contributions à la promotion et à l'évaluation d'habiletés spécifiques en Logo ? » in *Logo et apprentissages* (précité).

²¹ De Marcellus Olivier, « Pédagogie active et projets de classe en Logowriter » in *Logo et apprentissages* (précité).

- Avoir des choses vraiment alléchantes à proposer (de vraies productions, c'est à dire perçues comme telles par les élèves). Cela rejoint les propositions de S. Papert dans le cadre socio-cognitif.
- Disposer d'un plan du micro-monde en question qui mène facilement d'une chose à l'autre (scénarios).
- Savoir clairement, dans chaque situation, ce qu'il va apporter et ce qu'il va demander aux élèves de fournir (scénarios et cahier d'élève).
- Savoir contrôler après coup ce que les élèves ont vraiment amené, ce qu'ils ont à peu près compris, ou si on leur a tout soufflé.
- Pouvoir prendre suffisamment de recul par rapport à la réalisation technique pour pouvoir faire réfléchir les élèves sur comment le projet fonctionne, relever le sens plus général des mécanismes expérimentés par rapport à l'informatique, expliciter certaines démarches et concepts intellectuels.

Sans prendre à la lettre cet ensemble de directives qui amène de nombreuses contraintes pas toujours faciles à respecter, les avoir à l'esprit, quand on propose un ensemble d'activités informatiques de programmation ou autres, me semble être tout à fait utile et efficient.

Ces propositions s'éloignent de celles formulées initialement par S. Papert, à la suite de J. Piaget, mais les évaluations des apports de la programmation Logo, sous forme d'observations cliniques ou d'analyses statistiques, montrent qu'elles sont plus efficaces et permettent de mieux s'approcher des objectifs fixés, tant dans le domaine de la connaissance des mathématiques que dans celui du transfert cognitif.

Pour conclure, je citerai cette remarque de O. de Marcellus : « Est-ce que Logo marche ? Nous constatons que oui, il marche si on lui donne des jambes pédagogiques ».