



HAL
open science

Seymour Papert (1928-2016) Aux sources d'une pensée innovante et engagée

Nicolas Balacheff

► **To cite this version:**

Nicolas Balacheff. Seymour Papert (1928-2016) Aux sources d'une pensée innovante et engagée. Recherches en Didactique des Mathématiques, 2017, 37 (2/3), pp.383-396. hal-01716631

HAL Id: hal-01716631

<https://hal.science/hal-01716631>

Submitted on 18 Dec 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SEYMOUR PAPERT (1928-2016)

AUX SOURCES D'UNE PENSÉE INNOVANTE ET ENGAGÉE

Nicolas Balacheff

Laboratoire d'Informatique de Grenoble, Université Grenoble Alpes

nicolas.balacheff@imag.fr

Version auteur de : Balacheff N. (2017) Seymour Papert (1928-2016) – *Aux sources d'une pensée innovante et engagée. Recherches en didactique des mathématiques*, 37 (2-3) 383-396

Mathématicien et pionnier des technologies éducatives, Seymour Papert a contribué de façon décisive à l'orientation des recherches sur les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH). Son œuvre est à l'origine d'un courant de recherche international sur l'apprentissage des mathématiques avec lequel la recherche en didactique des mathématiques entretient des relations – que l'on pourrait qualifier de dialectiques – depuis le début des années 80. Victime d'un accident en 2006 à Hanoï, où il était l'invité d'une conférence de la 17^e étude ICMI¹ sur l'utilisation des technologies numériques dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, Seymour Papert a dû

¹ *International Commission on Mathematical Instruction*

brutalement interrompre son activité académique. Il est décédé le 31 juillet 2016.

La revue *Recherches en Didactique des mathématiques* a souhaité lui rendre hommage, c'est le sens du texte qui suit. J'évoquerai d'abord des jalons importants de la vie scientifique de Seymour Papert, puis je reviendrai sur deux concepts clés, *micromonde* et *constructionnisme*, qui constituent les piliers fondateurs de son œuvre.

UNE CONVICTION, UNE VISION

Né le 29 février 1928 à Prétoria, Seymour Papert étudie les mathématiques puis s'engage dans la recherche. Il soutient une première thèse, sur les treillis, à l'université du Witwaterstrand en 1952², avant que son engagement politique l'oblige à quitter l'Afrique du sud. Il reprend ses travaux au Royaume-Uni et soutient une seconde thèse dans le même domaine à l'université de Cambridge en 1959³. En cette fin des années 50, il vient souvent à Paris pour suivre des séminaires du groupe Bourbaki. C'est à cette occasion qu'il découvre les travaux de Jean Piaget qui donne un cours à la Sorbonne sur les relations entre l'intelligence et l'affectivité dans le développement de l'enfant⁴. Jean Piaget l'invite régulièrement à Genève puis lui propose de le rejoindre pour participer aux travaux qu'il engage sur la construction du

² "Sequential Convergences in Lattices"

³ "Lattices in Logic and Topology"

⁴ Piaget, J. (1953-1954). *Les relations entre l'intelligence et l'affectivité dans le développement de l'enfant*. Paris : Centre de documentation universitaire. Disponible en ligne sur le site de la Fondation Jean Piaget.

nombre chez l'enfant⁵. Au début des années 60, Seymour Papert fait une autre rencontre, celle de Marvin Minsky, lors d'une conférence au Royaume-Uni. Marvin Minsky est alors engagé dans une réflexion critique sur la modélisation de la connaissance et du raisonnement, il invite Seymour Papert à le rejoindre au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) en 1963. Leur collaboration accélère le développement d'une orientation de recherche en intelligence artificielle associant modélisation informatique et cognitive : « *Pour comprendre l'apprentissage, il faut s'attacher à sa genèse.* » (Papert, 1981, p. 11). Lorsque le *Media Lab*, dont il est co-fondateur, est lancé en 1985, Seymour Papert crée le « *Epistemology and learning group* ». Le projet initial est la réalisation d'un « *Computer lab for young children* » dans lequel la programmation serait un outil de modélisation de l'action – « *To teach the Turtle* » (Papert, 1971a, p. 5).

En France, Seymour Papert fut l'un des directeurs, en 1982, du *Centre mondial informatique et ressources humaines*. Ce centre, malgré une vie très brève, a marqué un tournant dans l'affichage d'une politique des technologies informatiques pour l'enseignement. Seymour Papert publie à cette époque « *Mindstorm* », bestseller connu en français sous le titre « *Le jaillissement de l'esprit* ». Cet ouvrage, écrit avec la conviction d'un manifeste, affirme une vision radicale sur l'apprentissage des mathématiques. Si son influence institutionnelle sur le système éducatif français est restée limitée, en revanche, il a eu un effet de levier sur l'innovation pédagogique et

⁵ Gréco, P., Grize, J.-B., Papert, S., & Piaget, J. (1960). *Problèmes de la construction du nombre*. Paris : PUF.

technologique que l'on retrouve dans les réformes récentes de l'enseignement.

L'engagement de Papert prend sa source dans *la conviction* que l'école, telle qu'elle existe et fonctionne, est un obstacle à l'apprentissage et à l'épanouissement de l'enfant. La prétention d'un modèle unique de transmission des connaissances, la valorisation idéologique de la théorie sur la pratique et la valeur donnée à l'abstraction sur la pensée concrète sont autant de freins qu'il dénonce. Il s'y ajoute les effets de ce qu'il appelle la *Pop-ed culture* (1971b, p. 8 sqq) sur les représentations que se font les parents et les enfants de l'apprentissage scolaire, encourageant une sorte de fatalisme que résumerait assez bien l'expression « avoir la bosse des maths ». *Sa vision* s'est forgée en opposition à cette image de l'école et sur la découverte, lors de son séjour à Genève, de la force de la créativité des jeunes enfants et leur capacité d'apprendre :

What I learned most from Piaget is that the essence of learning is appropriation. The essence of learning something is making it yours [...] children can learn mathematics in radically different ways [...] We should be able to offer each individual the opportunity to learn in a way that just feels right, and is right, in terms of the particular style of thinking and learning. (Papert, #1986)⁶.

Ainsi son projet est-il de créer des opportunités d'apprentissage et de mobiliser les capacités intellectuelles naturelles des enfants en leur permettant de rencontrer une

⁶ Transcription par Gary Strager des réponses de Seymour Papert à des enseignants, disponible sur YouTube à l'URL [https://youtu.be/5uV_lvl4_bE].

grande variété de cultures mathématiques (Papert, 1986, p. 7) parmi lesquelles ils trouveront leur voie. LOGO, bien plus que les discours, est l'instrument de diffusion et de mise en œuvre de cette problématique. Facile à utiliser par le débutant, mais permettant la réalisation de projets complexes, cet environnement évolue avec celui qui apprend. Il ouvre la voie à l'exploration des mondes auxquels donne accès le langage. L'un de ces mondes est celui d'une géométrie pour laquelle il offre la possibilité d'une expérience mathématique par les voies de l'action, de la construction, du projet. Des voies plus proches de l'apprentissage naturel dont Seymour Papert s'est convaincu de la puissance et de la fécondité lors de ses collaborations avec Jean Piaget.

Deux mots clés emblématiques, à la fois outils et concepts, sont emblématiques de l'œuvre de Seymour Papert : *micromonde* et *constructionnisme*.

LE CONCEPT DE MICROMONDE

Le concept de micromonde est forgé, au début des années 70, dans le cadre d'un programme de recherche mené par l'équipe d'intelligence artificielle (IA) que Seymour Papert codirige au MIT avec son fondateur Marwin Minsky. À cette époque, cette équipe développe un programme de recherche en vision et robotique. Plutôt que de vouloir trouver les clés d'une représentation générale, la proposition originale est de développer des « mini-théories » qui pourraient être articulées pour la modélisation de phénomènes complexes (Minsky & Papert, 1971). C'est dans ce contexte que naît le concept de micromonde et qu'est inventé LOGO, langage de programmation à part entière, comme le souligne Seymour Papert (1971, p. 12). Il le rappellera souvent, alors que la fameuse Tortue mobilise toute l'attention. La première

version de LOGO est implémentée en langage assembleur⁷, elle sera portée sur LISP pour une plus large diffusion (Goldstein et al., 1974).

Ces années 70 voient la montée d'une opposition au mouvement réformiste des mathématiques modernes, les « *New Math* » dont Minsky dénonce l'adoption précipitée par l'enseignement (Minsky, 1969, p. 29). Pour l'équipe du MIT, ce mouvement réduit la discipline à sa dimension formelle et occulte l'essence de l'activité mathématique – *The mathematical experience* – dans l'échange constant entre mathématique outil de modélisation et objet de recherche (Papert, 1993, p. 148). Par ailleurs, Minsky (1969) affirme une responsabilité particulière des informaticiens :

The computer scientist [skiller user of 'finite mathematics'] is the one who must study such matters, because he is the proprietor of the concept of procedure, the secret educators have so long been seeking. (Minsky, 1969, p. 37).

La réflexion sur l'IA et l'apprentissage humain, et celle sur les mathématiques en relation avec l'informatique irriguent le programme scientifique de l'équipe du MIT. Seymour Papert, par la compétence qu'il a acquise au cours de sa collaboration avec Jean Piaget, joue un rôle déterminant dans l'évolution de cette équipe vers des recherches sur l'apprentissage humain et sa modélisation. Ainsi, le concept de micromonde a-t-il une double origine.

⁷ Respectivement CLOGO pour le PDP10 et 11LOGO pour le PDP11. La première version en langage MACLISP fut nommée LLOGO

- D'une part, il est le produit de la recherche en IA (vision et robotique, concept de mini-théorie). Il n'est pas une partie du monde mais un monde à part entière (Minsky & Papert, 1971, p. 23) engendré par l'articulation d'un langage de programmation et de ses effets matérialisés à l'interface d'un système (e.g. robot, interface graphique, interface sonore etc.). Un principe guide la conception de ce langage : la modélisation doit être centrée sur l'action et non sur la formalisation logique. Concrètement, plutôt que de traduire par une expression logique bien formée « s'il n'y a pas de voiture, traverser la rue », il serait plus naturel et efficace de formaliser la suite d'actions « regarde à gauche, regarde à droite, si tu n'as pas vu de voiture, alors traverse la rue » (Minsky & Papert, 1971, p. 13-14). La conception du langage LOGO répond exactement à ce principe.

- D'autre part, il est le produit d'une réflexion critique et épistémologique sur l'enseignement des mathématiques. Dans une perspective éducative, un micromonde est un espace que chacun peut s'approprier, explorer et dans lequel chacun peut tester ses idées à sa façon ; un ensemble de possibles qu'on cherchera à découvrir et à réaliser (Rouchier, 1981). Enfin, c'est un monde que l'on peut partager, qui favorise l'effort d'explicitation des projets, l'échange des idées et le débat sur ce qui les différencie ou les rapproche. Cette dimension sociale, trop souvent oubliée, est constitutive de la vision pédagogique de Seymour Paper (#1986).

LOGO est le premier prototype de micromonde. Dans sa diffusion la plus large, le langage éponyme apparaît comme le moyen de piloter un stylet matérialisé sur l'écran par un petit triangle ; la Tortue, désignation héritée de la première instance du langage qui pilotait un robot. Cette dernière

version était essentiellement utilisée à l'école élémentaire avec l'idée que l'enfant peut trouver dans la Tortue un partenaire de jeu avec lequel imaginer et réaliser des projets (Rouchier, 1981, p. 25). Cette dimension affective est indissociable de celles cognitive et épistémologique de Seymour Papert.

Si le langage est le moyen de communication entre l'enfant et le robot, il est surtout un outil de modélisation mathématique qui permet d'exprimer des fonctions (procédures) et des modèles (programmes), et ainsi d'associer dialectiquement mathématique et démarche expérimentale. Dans une perspective mathématique, la Tortue habite un monde sur lequel règne une géométrie particulière. Comme le souligne Papert, au point d'Euclide qui n'a qu'une position est substituée la Tortue qui a une position et une direction (*heading*). Dans cette géométrie, écrit-il, bien des théorèmes de la géométrie d'Euclide deviennent des cas particuliers. La géométrie de la Tortue serait ainsi plus élégante et plus simple (Papert, 1986, p. 2 sqq).

Ces deux caractéristiques fondatrices ont reçu l'adhésion d'une large communauté d'enseignants et de chercheurs, notamment dans le monde anglo-saxon. Elles sont identifiées comme le secret de la pertinence et de l'efficacité du concept de micromonde :

There is a duality here: a successful microworld is both an epistemological and an emotional universe, a place where powerful (mathematical, or scientific, or artistic) ideas can be explored; but explored "in safety", acting as an incubator both in the sense of fostering conceptual growth, and a place where it is safe to make mistakes and show ignorance. And, centrally these days, it is a place where ideas can be

effortlessly shared, remixed and improved. (Noss & Hoyles, 2016, p. 5)

L'ÉMERGENCE D'UN CADRE THÉORIQUE, LE CONSTRUCTIONNISME

L'invention de LOGO et celle du concept associé de micromonde procèdent d'une démarche pragmatique que guident la conviction que l'apprentissage doit être ancré dans l'expérience et une vision de ce que l'informatique peut apporter. L'objectif de cette dernière n'est pas, pour l'équipe du MIT, de produire des technologies qui enseignent comme l'IA de l'époque l'ambitionne avec les tuteurs intelligents, mais d'apporter une autre forme de pensée – ce qui deviendra le « *computational thinking* » ou pensée algorithmique – et des opportunités nouvelles pour l'apprentissage. Malgré sa réticence, Seymour Papert accepte, au début des années 90, de s'expliquer sur l'arrière-plan théorique de cette orientation :

The time has come to switch, although only for the space of one chapter, to a slightly more academic and abstract style so as to allow comparisons and interchange with other point of view. (Papert, 1993, p. 137)

Ses deux sources d'inspiration académique se trouvent dans l'œuvre de Jean Piaget, dont on a vu l'importance décisive dans l'engagement de Seymour Papert, et dans celle de Claude Levi-Strauss. Du premier il reprend la notion de « *pensée concrète* », du second celle de *bricolage* (science du concret). Il élabore un cadre de pensée à partir de ces deux notions, et lui donne un nom : *constructionisme* (« *the N-word* »), qui fait écho au *constructivisme* (« *the V-word* »). L'objet central est l'activité et son contexte, ou plus précisément ses conditions. Il ne s'agit pas pour Seymour Papert de proposer une nouvelle théorie de l'apprentissage –

il s'inscrit explicitement dans le cadre constructiviste – mais de poser les principes de la conception d'environnements informatiques pour l'apprentissage et de leurs usages. La notion de contexte, dont il est question ici, inclut et articule les dimensions matérielles et sociales : « *a context where the learner is consciously engaged in constructing a public entity, whether it's a sand castle on the beach or a theory of the universe* » (Harel & Papert, 1991, p. 1). En référant à « *pensée concrète* », Seymour Papert retient l'une des modalités du connaître (« *ways of knowing* ») et non l'un des stades dans une chronologie dont il doute de la pertinence⁸. Ce choix est conforté par la notion de *bricolage* de Claude Levi-Strauss :

Here I use the concept of bricolage to serve as a source of ideas and models for improving the skill of making-and fixing and improving-mental constructions. (Papert, 1993, p. 144).

Un micromonde, construit selon ces principes, doit non seulement permettre de créer des conditions optimales d'apprentissage mais encore y parvenir même si l'enseignement est défaillant (Papert, 1993, p. 140). On remarquera que dans cette présentation académique de sa pensée, Seymour Papert est plus nuancé que dans d'autres textes. Ainsi ne recommande-t-il pas la disparition de l'enseignant, mais le déplacement de son rôle : « *The goal is to produce the most learning for the least teaching.* » (Papert, 1993, p. 139). Mieux encore :

Since one reason for poor instruction is that nobody likes to teach reluctant children, the constructionist route will make

⁸ La « pensée concrète » peut être un état stable du développement associé à une compétence pertinente et efficace et cohabiter avec d'autres modalités de connaissance.

teaching better as well as less necessary, thus achieving the best of both worlds. (Papert, 1993, p. 140)

Pour autant, les travaux des pionniers de la communauté qui se constitue autour de LOGO adoptent la perspective radicale initiale de façon littérale. Par exemple, l'un des projets de grande ampleur au Royaume-Uni, le *Logo Maths Project* (Hoyles & Noss, 1989), prit pour postulat que les élèves apprendraient à partir des projets qu'ils formeraient librement au fil d'une activité de construction dans un processus de conjecture et de réfutation (Sutherland, 1993, p. 97). L'enseignant devait s'effacer et attendre le moment où apparaîtrait l'occasion d'introduire les notions dont l'apprentissage était visé (espéré). Au terme de la première année un constat s'est imposé : les occasions d'introduire le contenu formel (variable ou angle) sont pratiquement inexistantes, et les interventions de l'enseignant sont bien plus nombreuses que ce dont il avait conscience. Le projet a évolué au cours des deux années suivantes vers une planification des tâches et plus d'explicitation des objectifs des activités (Sutherland, 1993, p. 101). Ainsi un défi s'imposait, il reste d'actualité :

Thus, an inevitable challenge arises: how to balance self-motivated activity while maximising the opportunity to encounter the planned powerful ideas? (Noss & Hoyles, 2016, p. 6).

Ce défi, dans lequel on reconnaîtra, malgré la différence des mots, la proximité potentielle avec celui de la théorie des situations didactiques, est une part vivante de l'héritage intellectuel de Seymour Papert.

L'HÉRITAGE

La conviction de Papert n'a pas varié au cours des années : les capacités d'apprentissage des enfants sont sans commune mesure avec ce que l'école en retient. Sa vision futuriste porte l'espoir de créer des contextes d'activités aux caractéristiques épistémologiques pertinentes au regard des savoirs mathématiques, qui soient en eux-mêmes sources de motivations pour apprendre⁹.

Le succès des idées de Seymour Papert fut mondial, tant sur le terrain de l'enseignement qui a vu fleurir nombre d'innovations que dans le monde académique qui s'est organisé et a mené de nombreux projets de recherche autour de Logo. La première conférence internationale LOGO a été organisée en 1987, elle s'est tenue ensuite tous les deux ans. Elle a pris en 2010, à Paris, le nom de "constructionnisme". En 1996 est créé la revue "*International Journal of Computers for Mathematical Learning*" dont Papert fut le premier rédacteur en chef¹⁰. La participation de la communauté française de didactique des mathématiques est restée limitée. En témoigne le petit nombre d'articles publiés dans la revue ; ils sont pour la plupart réunis dans un numéro dédié en 1987 (mais un seul des auteurs est issu d'une équipe française)¹¹.

⁹ Entretien avec Seymour Papert, voir (Papert & Jaillet, 2003).

¹⁰ La revue a depuis pris le titre de *Digital Experiences in Mathematics Education*.

¹¹ RDM Vol. 8/1.2 : Elisabeth Gallou-Dumiel, *Symétrie orthogonale et micro-ordinateur* ; Joël Hillel & Carolyn Kieran, *Schemas used by 12 year-olds in solving selected turtle geometry tasks* ; Rosamund Sutherland, *What are the links between variable in logo and variable in algebra?* ; Celia Hoyles & Richard Noss, *Children*

De fait, passé l'effet de séduction pédagogique et politique des années 80, les usages de LOGO tels que son créateur les concevait ne sont pas parvenus à s'imposer en France. Les raisons sont multiples, parmi elles à coup sûr la distance importante avec les pratiques et les programmes. La cohabitation de la géométrie LOGO avec celle des programmes n'allait pas de soi dans le cadre des contraintes institutionnelles. Plutôt que de la géométrie, LOGO a été le support privilégié des premiers apprentissages de la programmation. Mais ces premiers enseignement de l'informatique se sont heurtés à des difficultés dont Jean-Baptiste Lagrange et Janine Rogalski (2017) ont souligné, reprenant les travaux de l'époque, qu'elles n'étaient ni anecdotiques, ni passagères. Ce relatif échec, au moins dans l'institution scolaire française, ne doit pas cacher la force des idées et leurs impacts. Le concept de micromonde – avec celui d'engagement direct – fait partie des sources d'inspiration de la géométrie dynamique. Le logiciel Cabri-géomètre, précurseur dans ce domaine (Laborde J.-M., 1995¹²), a montré la puissance d'un tel outil tant au plan de l'activité mathématique en soi, qu'à celui de l'ingénierie des situations d'apprentissage au sens de la théorie des situations didactique (Laborde C., 1992).

Néanmoins, la rencontre entre le constructionnisme et la didactique des mathématiques a été largement manquée. Pourtant les possibilités de collaboration existent. Elles ont

working in a structured logo environment : from doing to understanding.

¹² En particulier en annexe à ce texte, le « Document initial de présentation du projet Cabri-géomètre » (juin 1985).

été explorées, au cours des dernières années, dans le cadre du projet TELMA initié par le réseau européen Kaléidoscope puis développé par le projet européen ReMath. De façon très concise on peut en retenir le constat d'une connaissance mutuelle jusqu'ici trop superficielle des cadres théoriques et des pratiques respectives. Aller au-delà requiert une collaboration étroite dès la conception des recherches (Artigue & Mariotti, 2014, p. 24) afin de confronter non seulement les théories mais aussi les problématiques, les méthodes, les modalités et les normes de validation ainsi que les discours qui accompagnent ces recherches. En somme, il faut engager la collaboration au niveau globale des praxéologies de recherche (Artigue et al., 2011).

Les raisons d'un rapprochement ne manquent pas si l'on parvient à faire abstraction des arrière-plans idéologiques – notamment les rapports à l'éducation – et des cultures scientifiques particulières. Ainsi, un environnement informatique qui articule un langage d'expression d'actions et un espace phénoménal (réalité virtuelle ou augmentée, interface de visualisation ou tangible) producteur de rétroactions signifiantes, est-il un générateur potentiel de *milieux* dans la conception de situations d'action au sens de la théorie des situations didactiques. Ou encore, la notion de situation, qui est au cœur du constructionnisme, peut-elle être assez naturellement rapprochée de celle de situation *adidactique*. Enfin, Seymour Papert retient dans les situations une composante sociale et publique de l'activité qu'il considère comme un levier pour susciter l'apprentissage. La théorie des situations didactique permet la modélisation de ces situations et l'anticipation de la complexité de leur mise en œuvre dans la classe.

Lorsque j'ai rencontré Seymour Papert en 1986 à Londres, lors de la conférence PME¹³, je lui ai parlé de la limite que ferait surgir une approche qui ne prendrait pas en compte les contraintes du système didactique. Il m'avait expliqué alors que ce n'était pas un problème, en attestait les succès des professeurs avec qui il travaillait. Nous ne pouvions nous comprendre, ce que je lui disais de nos constructions théoriques le laissait dubitatif, et nos pratiques expérimentales lui paraissaient trop normatives. J'ai eu l'occasion d'y revenir lors d'une brève conversation en 2003 à Strasbourg, à l'occasion de la conférence EIAH, et de constater la même distance. Comme en témoignent ses réponses aux questions d'Alain Jaillet lors d'une interview, Seymour Papert ne s'est jamais départi de sa prévention vis-à-vis de l'apprentissage scolaire ni de sa vision radicale d'une éducation sans école. La didactique des mathématiques lui apparaissait, probablement, comme une théorie de l'apprentissage scolaire. Une théorie de l'enseignement plus que de l'apprentissage, ce qu'elle n'est pas. Je n'ai pas su lui expliquer ce que je crois : la théorie des situations est une théorie des conditions optimales d'un apprentissage sous des contraintes didactiques – dont le modèle scolaire est une instance et le projet de Seymour Papert une déclinaison particulière : plus d'apprentissage avec moins d'enseignement (à la limite : pas d'enseignement).

En juin 2017, plutôt que de revenir sur le passé, la conférence *Interaction Design & Children* a choisi de célébrer le cinquantenaire de LOGO en posant la question de ce que peut être le projet pour le demi-siècle à venir. Je suggère de

¹³ *Psychology of Mathematics Education*

considérer cette question en se souvenant que l'effort que fait Seymour Papert en publiant le « manifeste » constructionniste, en 1993, a pour objectif de permettre le dialogue (Papert, 1993, p. 137). C'est ce dialogue qu'a engagé le projet ReMath ; il a permis de préciser les difficultés mais aussi de faire émerger les promesses. Des cadres de travail et des outils, notamment ceux de la modélisation praxéologique de la recherche (Artigue & Bosch, 2014), ont été proposés qui doivent permettre de progresser dans la compréhension mutuelle et, au-delà, dans l'enrichissement mutuel. Une difficulté persistera probablement : si l'objet de la didactique des mathématiques est l'étude des conditions optimales de l'apprentissage des mathématiques dans un contexte contraint institutionnellement, celui du projet de Seymour Papert est l'acquisition de la pensée algorithmique et l'émancipation de l'apprenant. Mais cette difficulté n'est pas indépassable.

La récente réforme des programmes de mathématiques du cycle 4 de l'enseignement en France ouvre une nouvelle opportunité avec l'introduction de l'algorithmique et de la programmation. Elle fait entrer pleinement la didactique de l'informatique dans le champ de nos problématiques. Ce fut déjà le cas il y a plus de trente ans. LOGO jouait à l'époque un rôle central. Aujourd'hui, un autre micromonde est prescrit : Scratch. Conçu, comme LOGO, par une équipe du MIT¹⁴, ce logiciel a des caractéristiques différentes de son grand ancêtre tant pour ce qui concerne l'interface que les propriétés du

¹⁴ Équipe de recherche *Lifelong Kindergarten* sous la direction de Mitchel Resnick, titulaire de la chaire LEGO Papert au MIT Media Lab.

langage. Cependant la problématique et le concept clé restent les mêmes : constructionnisme et micromonde. Ainsi l'histoire parait-elle recommencer : *développer une pensée nouvelle en « mettant en place des modalités d'enseignement fondées sur une pédagogie de projet, active et collaborative. »* (MENESR, 2016, p. 3). Le croire serait négliger de tirer les leçons du passé et oublier l'existence d'un corpus de recherche qu'il faut interroger (Lagrange & Rogalski, 2017). Le contexte scientifique a beaucoup évolué. Le progrès vers la mise en réseau d'approches jusqu'il y a peu seulement juxtaposées ouvre de réelles possibilités de synergie et de progrès.

L'héritage de Papert est bien vivant, et l'exploration des voies qu'il a ouvertes est prometteuse. Un Lutin me suggère avec malice de conclure par une citation ; clin d'œil et manière d'invitation :

What make our century's science thinking different from any other century are the ideas associated with computation, computers and information science, and the idea that we should give children this powerful thing they care about more than anything else, that they ought not to know what goes on inside it - it blows the mind. (Papert, 2004, p. 2)

REMERCIEMENTS

à Artemis Papert pour m'avoir donné des indices sur les premiers moments de l'histoire du projet de son père.

BIBLIOGRAPHIE

ARTIGUE, M., & BOSCH, M. (2014). Reflection on Networking through the praxeological lens. Dans A. S. Bikner-Ahsbahs & S. Prediger (dir.), *Networking of Theories as a Research Practice in Mathematics Education* (p. 249-266). New York: Springer.

ARTIGUE, M., BOSCH, M., & GASCÓN, J. (2011). Research praxeology and networking theories. Dans M. Pytlak, T. Rowlad, & E. Swoboda (dir.), *Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (p. 281-2390). Poland: University of Rzeszów.

ARTIGUE, M., & MARIOTTI, M. A. (2014). Networking theoretical frames: the ReMath enterprise. *Educational Studies in Mathematics*, 85(3), 329–355.

BALACHEFF, N., & SUTHERLAND, R. (1994). Epistemological domain of validity of microworlds, the case of Logo and Cabri-géomètre. Dans R. Lewis & P. Mendelshon (dir.), *Proceedings of the IFIP TC3/WG3.3: Lessons from learning* (p. 137-150). Amsterdam: North-Holland.

GLODSTEIN, I., LIEBERMAN, H., BOCHNER, H., & MILLER, M. (1974). LLOGO: an implementation of LOGO in LISP. *Artificial Intelligence Memo*, 307 – LOGO Memo N°2. Boston: MIT Artificial intelligence laboratory¹⁵.

HOYLES, C., & SUTHERLAND, R. (1989). *Logo mathematics in the classroom*. London: Routledge.

LABORDE, C. (1992). Enseigner la géométrie : permanence et révolutions. Dans C. Gaulin, B.R. Hodgson, D.H. Wheeler, & J. Eggsgard (dir.), *Actes du 7° congrès international sur l'enseignement des mathématiques* (p. 47-75). Québec : Les presses de l'université Laval.

LABORDE, J.-M. (1995). Des connaissances abstraites aux réalités artificielles, le concept de micromonde Cabri. Dans D. Guin, J.-F.

¹⁵ Les *Artificial Intelligence Memo* (AIM) du MIT sont accessibles à l'URL <http://publications.csail.mit.edu/ai/browse/completebrowse.shtml>

LAGRANGE, J.-B. & ROGALSKI, J. (2017). Savoirs, concepts et situations dans les premiers apprentissages en programmation et en algorithmique. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 22, 91-118..

Nicaud, & D. Py (dir.), *Environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur* (Actes des quatrièmees journées EIAO de Cachan, PRC-GDR Intelligence artificielle – GDR Didactique). Paris : Eyrolles.

MENESR (2016). *Algorithmique et programmation. Mathématiques cycle 4. Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche*. Repéré à <http://eduscol.education.fr/cid99696/ressources-maths-cycle-4.html#lien1>

MINSKY, M. (1969). Form and content in computer science. *Artificial Intelligence Memo*, 187. Boston: MIT Artificial intelligence laboratory.

MINSKY, M., & PAPER S. (1971). Proposal to ARPA for research on artificial intelligence at MIT 1971-1972. *Artificial Intelligence Memo*, 245. Boston: MIT Artificial intelligence laboratory.

NOSS, R., & HOYLES, C. (2016). Constructionism & Microworlds. Dans E. Duval, M. Sharples, & R. Sutherland (dir.), *Technology Enhanced Learning: Research Themes*. Berlin: Springer

PAPER S. (1971a). *A computer laboratory for elementary schools. Artificial Intelligence Memo*, 246 – LOGO Memo N°1. Boston: MIT Artificial intelligence laboratory.

PAPER S. (1971b). Teaching children thinking. *Artificial Intelligence Memo*, 247. Boston: MIT Artificial intelligence laboratory.

PAPER S. (1981). *Jaillissement de l'esprit – Ordinateurs et apprentissage* (traduit par R.-M. Vassallo-Villaneau). Paris : Flammarion.

PAPER S. (1986). Beyond the Cognitive: The Other Face of Mathematics. *Plenary lecture, Tenth International conference Psychology of Mathematics Education*. London Institute of Education.

PAPERT, S. (#1986). *Answers to questions from teachers*. Dans Gary Strager (dir.) Transcript from a commercial video [<http://dailypapert.com/seymour-papert-on-logo>]

PAPERT, S. (1993). *The children's machine. Chapter 7: Instructionism versus constructionism* (p. 137-156). New York: Basic-Books, Inc. Publishers.

PAPERT, S. (2004). Will going digital improve or transform education? Dans *New futures for learning in the digital age*. Dublin. Repéré à <http://fundamentalchange.carolstrohecker.info/documents/ImproveOrTransform.pdf>

PAPERT, S., & JAILLET, A. (2003). Vingt-cinq années d'EIAH. Entretien avec Seymour Papert, conférencier invité, mené par Alain Jaillet. Dans C. Desmoulin, P. Marquet, & D. Bouhineau (dir.), *Actes de la conférence EIAH 2003* (p. 21-30). Paris: Institut National de la Recherche Pédagogique.

ROUCHIER, A. (1981). Problèmes, procédures, programmes étudiés et réalisés par des enfants de CM2 utilisant un mini-ordinateur. *Revue française de pédagogie*, 56, 18-26.

SUTHERLAND, R. (1993). Connecting theory and practice: results from the teaching of Logo. *Educational Studies in Mathematics*, 24(1), 95-113.

SUTHERLAND, R., & BALACHEFF, N. (1999). Didactical complexity of computational environments for the learning of mathematics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 4(1), 1-26.