

## L'informatique comme objet d'enseignement à l'école primaire française ? Mise en perspective historique

*Informatics as a school subject in French primary education? A historical perspective*

Georges-Louis Baron et Béatrice Drot-Delange

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rfp/5032>

DOI : 10.4000/rfp.5032

ISSN : 2105-2913

### Éditeur

ENS Éditions

### Édition imprimée

Date de publication : 30 juin 2016

Pagination : 51-62

ISSN : 0556-7807

### Référence électronique

Georges-Louis Baron et Béatrice Drot-Delange, « L'informatique comme objet d'enseignement à l'école primaire française ? Mise en perspective historique », *Revue française de pédagogie* [En ligne], 195 | 2016, mis en ligne le 30 juin 2019, consulté le 04 janvier 2021. URL : <http://journals.openedition.org/rfp/5032> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rfp.5032>

---

# L'informatique comme objet d'enseignement à l'école primaire française ?

## Mise en perspective historique

Georges-Louis Baron  
Béatrice Drot-Delange

L'article propose une synthèse à caractère historique sur la prise en compte institutionnelle de l'informatique comme objet d'enseignement à l'école primaire en France, révélant une série de changements de cap des autorités pédagogiques. L'objet essentiel d'un enseignement de l'informatique serait actuellement l'acquisition d'une pensée informatique. L'article propose une revue des différentes orientations épistémologiques ayant donné lieu à des recherches et des réalisations pour développer cette pensée : le langage LOGO et son successeur SCRATCH, la robotique pédagogique, l'informatique dite débranchée. Les problèmes liés à la formation des maîtres sont également abordés.

**Mots-clés (TESE) :** science informatique, réforme des programmes d'étude, enseignement primaire, formation des enseignants.

### Introduction

La France occupe, parmi les nations industrialisées, une place singulière en ce qui concerne l'informatique en éducation. Pays pionnier, centralisé, elle a très tôt mis en place des politiques publiques ambitieuses (depuis 1970) et consenti des investissements considérables, selon des orientations qui ont beaucoup varié au cours du temps. On a successivement considéré l'informatique comme une démarche, un outil ou un objet d'en-

seignement, puis, plus récemment comme une part de ce qu'il est convenu d'appeler le numérique, sans que ce dernier mot ait d'ailleurs une signification univoque. Si un consensus existe sur le fait qu'on est face à un mouvement porteur d'avenir, les prises de position sont extrêmement variées, ce qui est d'ailleurs normal face à un fait social impétueux souffrant d'au moins deux grands handicaps. Il évolue trop vite pour facilement devenir un fait éducatif et il se présente massivement au public sous les espèces obligées d'équipements

et d'applications s'exécutant sur des écrans mais reposant fondamentalement sur des processus invisibles, qu'il s'agisse de l'action de logiciels ou du rôle d'infrastructures techniques.

Nous nous concentrerons dans cet article sur la question de l'informatique en tant qu'objet d'enseignement à l'école primaire. Tout d'abord, nous présenterons une synthèse à caractère historique sur la prise en compte institutionnelle de l'informatique comme objet d'enseignement à l'école, révélant une série de changements de cap des autorités pédagogiques. Puis nous analyserons plusieurs orientations épistémologiques ayant donné lieu à des recherches et des réalisations, qui visent à décliner les modalités d'acquisition d'une pensée informatique : le langage LOGO et son successeur SCRATCH, la robotique pédagogique, l'informatique dite débranchée. Enfin, nous discuterons dans la dernière section des problèmes liés à la formation des maîtres.

## Une histoire mouvementée

L'histoire de l'introduction de l'enseignement de l'informatique à l'école primaire est riche de mouvements d'allers-retours suscités par des politiques éducatives. Ces dernières sont le reflet de la représentation chez les décideurs politiques de ce qu'est ou doit être l'informatique : un instrument au service des disciplines ; une matière elle-même, avec pour noyau dur la programmation ; un outil dont les usages relèvent d'une éducation permettant l'acquisition de compétences, dûment évaluées par le système scolaire. Ces trois approches peuvent être concomitantes ou exclusives selon les périodes. Les choix opérés conditionnent la logique curriculaire mise en œuvre.

Nous en retraçons les grandes lignes ici pour permettre au lecteur non familier de cette question de situer le contexte des travaux de recherche. Cette histoire a beaucoup à voir dans le peu de résultats à ce jour concernant la mesure de la faisabilité, la proposition d'une logique curriculaire, ainsi que la didactique d'un tel enseignement, même si les choses évoluent depuis peu.

## Désintérêt relatif puis enthousiasme pour la programmation

Dans les années 1970 et encore jusqu'au début des années 1980, l'informatique n'est pas considérée comme prioritaire à l'école primaire pour les pouvoirs

publics. Ainsi, le rapport Simon, remis au président de la République en 1980, jugeait imprudent d'introduire alors l'informatique à l'école primaire, tout en reconnaissant l'intérêt des approches reposant sur la programmation dans le langage LOGO, qui avait fait l'objet de recherches dans des écoles pilotes dès la moitié des années 1970.

Dans la série de propositions de ce rapport, on lit ainsi :

La première question qui se pose est : à partir de quel âge ? Certes le plus tôt serait le mieux. Mais aucune doctrine ne semble pouvoir être étayée par des expériences suffisamment sérieuses dans le primaire et encore moins en maternelle. Nous proposons donc de l'introduire à partir du collège (4<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup>). C'est un âge à partir duquel les élèves sont capables de relier le concret et l'abstrait, et de manipuler les deux avec une certaine aisance » (Simon, 1980, p. 99).

C'est à ce moment, alors que souffle un vent d'innovation pédagogique, que paraît un ouvrage sur l'utilité de LOGO dès l'école primaire, écrit par Papert (1981). Ce dernier, qui se place sous l'égide de Piaget dont il a été assistant, se présente comme un utopiste de la pédagogie, un révolutionnaire, pour qui l'ordinateur peut « permettre de déplacer la frontière entre concret et formel » (p. 34). En bref, il revendique une approche « constructionniste ». Son discours, généreux et visionnaire, explique que nous sommes à un tournant de l'histoire, lié à l'impact de l'ordinateur (p. 52). Il manifeste aussi indubitablement une certaine méfiance à l'égard des systèmes éducatifs, « bureaucratie conservatrice », et espère dans l'initiative privée, selon une orientation très libérale.

En ce début des années 1980, la situation semble mûre pour que des initiatives soient prises. Le plan informatique pour tous de 1985 fait une grande place à l'informatique à l'école primaire, promouvant une approche de type LOGO.

La Direction des écoles, qui au ministère de l'Éducation nationale a la charge du niveau primaire, soutient ces initiatives, du moins jusqu'en 1986, où a lieu une alternance politique amenant de nouvelles priorités.

### La question de « l'outil informatique »

Dès le milieu de la décennie 1980, l'intérêt institutionnel se dirige, pas seulement d'ailleurs dans l'enseignement primaire, non plus vers la programmation mais vers les outils informatiques et ce qu'ils permettent.

Curieusement (au moins rétrospectivement), l'idée des autorités pédagogiques, peut-être effrayées par la

perspective d'investissements très lourds dans le domaine de la formation à l'informatique elle-même, est que ces outils ne nécessitent pas de formation en informatique, du fait de leur caractère « convivial »<sup>1</sup>.

Il est indubitable qu'ils posent différemment la question de la programmation, puisqu'on peut composer assez facilement des scripts déjà écrits, voire programmer en réalisant la mise à jour de variables d'environnement, à condition cependant, bien sûr, de savoir conceptualiser ce qui se réalise et d'avoir une idée des processus en jeu.

La circulaire n°87-160 du 11 juin 1987, intitulée « Utilisation des équipements informatiques des écoles élémentaires », ne mentionne pas la programmation. Insistant sur les aspects pédagogiques, exposés en tension avec l'informatique, elle assigne 4 objectifs, dont les trois premiers sont relatifs aux activités scolaires :

- familiarisation avec l'informatique, « dimension technologique importante de la modernité du monde hors de l'école, comme de l'école elle-même désormais » ;
- mise en œuvre des « programmes et instructions » en sciences et technologie (au cours moyen) et en mathématiques ;
- l'informatique comme ensemble d'outils pour l'enseignement. C'est la partie la plus détaillée de la circulaire.

On y trouve un développement sur l'intérêt du traitement de texte, dont l'apprentissage technique par les maîtres n'est pas jugé très compliqué :

Mais surtout, outre l'emploi de cette machine à écrire particulière [sic] que peut constituer le micro-ordinateur, l'utilisation des fonctionnalités fondamentales des logiciels de traitement de texte peut servir grandement lors de l'apprentissage de la rédaction proprement dite, qui est l'objectif essentiel.

Le quatrième objectif est lié à l'utilisation des équipements en dehors du temps scolaire. Le texte estime que « l'ouverture de clubs informatiques destinés aussi bien aux enfants qu'aux adultes devrait permettre d'établir ou de renforcer des relations réciproques entre l'école et l'environnement humain où elle se situe ». Ce dernier objectif ne sera pas atteint.

Il ne figure plus, 4 ans plus tard, dans la circulaire n°91-117 du 14 mai 1991, intitulée « Informatique et

nouvelle politique pour l'école primaire », qui reprend les trois premiers objectifs et précise ainsi la position du ministère :

Aucun de ces objectifs ne nécessite une étude technique approfondie de l'informatique. Cette dernière permet d'accéder à une culture ou joue un rôle fonctionnel, permettant de renforcer ou de construire des savoirs, de développer des compétences d'ordre méthodologique dans l'utilisation des ordinateurs, aptitudes qui vont au-delà de simples savoir-faire relevant de la manipulation.

L'informatique en tant qu'instrument au service des disciplines ne nécessiterait pas davantage de connaissances que celles nécessaires à son utilisation. Les programmes de 1995, pour leur part, font une petite place à l'informatique au cycle des approfondissements en mentionnant « quelques utilisations de l'informatique à l'école et dans l'environnement quotidien » :

Utilisation raisonnée d'un ordinateur et de quelques logiciels (traitement de texte, tableur et logiciels spécifiques à l'école primaire) dans le cadre de l'enseignement des champs disciplinaires ; approche des principales fonctions des micro-ordinateurs (mémorisation, traitement de l'information, communication)...

L'accent est toujours mis sur l'utilisation d'instruments logiciels, mais on trouve l'idée de « l'usage raisonné » et la présence, sous couvert de fonctions de l'ordinateur, de notions relevant bien de l'informatique.

### Un renouveau à partir de 2000 : évaluer les compétences

Cependant, le changement est en marche. Dans un discours de novembre 2000 au salon de l'éducation, qui n'a donc pas le statut d'un texte officiel mais reflète la position ministérielle sur la question, Jack Lang, ministre de l'Éducation nationale, précise :

Or fondamentalement, l'enjeu n'est pas, lorsqu'on réfléchit à la place de l'informatique à l'école, d'apprendre le fonctionnement des machines, des ordinateurs. Aujourd'hui comme hier, la véritable question est celle des usages de l'informatique mise au service d'autres activités : l'informatique au service de l'enseignement de l'histoire, du français ou des langues<sup>2</sup>.

Le ministère de l'Éducation nationale français a mis en place au même moment une procédure de certification des compétences en informatique, en

1 Pourtant, ils comportent souvent des langages de description et de manipulation de données dont l'usage est loin d'être intuitif.

2 En ligne : <<https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000888/file/ba0p035.pdf>> (consulté le 2 juin 2017).

instituant un *Brevet informatique et internet* (B2i)<sup>3</sup>. Ce dernier, qui comporte initialement deux niveaux (fin d'école primaire et fin de collège) a pour originalité de raisonner à partir de listes de compétences à acquérir, tout en faisant l'impasse sur les savoirs en jeu. Par exemple, utiliser un traitement de texte, c'est faire traiter un texte par la machine, ce qui impose de connaître les objets manipulés par le logiciel, leurs propriétés et les actions possibles sur ces mêmes objets. C'est être à même de distinguer la structure physique du document de sa structure logique. La circulaire initiale précise ainsi :

Son rôle est de dispenser à chaque futur citoyen la formation qui, à terme, le mettra à même de faire des technologies de l'information et de la communication une utilisation raisonnée, de percevoir les possibilités et les limites des traitements informatisés, de faire preuve d'esprit critique face aux résultats de ces traitements, et d'identifier les contraintes juridiques et sociales dans lesquelles s'inscrivent ces utilisations.

Il n'est pas opportun ici de reprendre ici une histoire de ce type de certification, qui a donné lieu à de nombreux travaux et nous nous contenterons de quelques indications.

Pour Bertrand (2005), il s'agit d'une prescription ambiguë qui laisse ouverte la question des modes d'acquisition de ces compétences. Elle postule que la familiarisation des élèves avec ces technologies aura lieu dans les activités courantes de la classe, ce qui est une sorte *d'injonction* à les utiliser. Surtout,

l'essentiel de l'ambiguïté de cette prescription repose selon nous sur l'impasse totale faite sur cette question des savoirs en jeu dans l'usage des TIC et sur la nécessaire genèse instrumentale à opérer sur ces outils (Bertrand, 2005).

De nombreuses difficultés naissent de cette approche guidée par l'évaluation des compétences : évaluer le produit fini plutôt que le processus (Vandeput, 2015), la non-transférabilité des compétences acquises dans un contexte donné à un autre contexte (Gobert, 2012). Fluckiger et Reuter (2014) constatent que l'éparpillement disciplinaire dû à la certification des compétences informatiques hors d'une discipline unique conduit les élèves à associer actions et savoir-faire liés à l'ordinateur comme étant de l'informatique, mais pas les savoirs et les connaissances.

Remarquons simplement que ce type de nouvelle certification est un mouvement vers la reconnaissance du fait qu'il y a, malgré tout, *quelque chose* à acquérir en informatique, ce quelque chose étant défini de manière administrative sous la forme d'une liste de compétences.

Par la suite, un mouvement de prise de conscience de l'importance de la transmission à tous d'une culture informatique se dessine progressivement. En 2013, un rapport de l'Académie des sciences<sup>4</sup> recommande d'enseigner l'informatique, propose la mise en place d'un curriculum cohérent depuis l'école maternelle et en précise les finalités :

L'enseignement doit s'adresser d'une part à tous les citoyens, pour qu'ils comprennent les mécanismes et façons de penser du monde numérique qui les entoure et dont ils dépendent [...]. Il doit s'adresser d'autre part de façon plus approfondie à tous ceux qui auront à créer, adapter ou simplement bien utiliser des applications ou objets de nature informatique, quels que soient leurs domaines d'activité (p. 14).

Le rapport prend donc explicitement en compte le primaire, où il propose la mise en place d'un curriculum favorisant la découverte, que ce soit avec des langages de programmation adaptés ou bien en mode *débranché*. Ce dernier, permettant « d'aborder l'informatique à un niveau plus conceptuel », vise à « initier les élèves à trois notions fondamentales de l'informatique : celles de langage, d'information et d'algorithme », notions que l'on retrouve évidemment dans les activités « branchées », c'est dire utilisant un ordinateur.

## Contextualisation internationale

Comme on l'a vu plus haut, si l'intérêt institutionnel pour l'informatique et son enseignement, au moins dans les grands pays industrialisés, remonte aux alentours de 1970, l'enseignement primaire n'y a pas été d'emblée prioritaire, étant donné le peu de diffusion des ordinateurs dans la société et le nombre de personnes concernées.

Environ une décennie plus tard, avec le développement de la micro-informatique et les enjeux économiques qui lui sont liés, la situation change. Plusieurs pays lancent des opérations politiques d'équipement

3 Note de service n°2000-206 du 16 novembre 2000. En ligne : <<http://www.education.gouv.fr/bo/2000/42/encart.htm>> (consulté le 2 juin 2017).

4 L'Académie des sciences rassemble plus de 250 scientifiques français et étrangers qui ont pour mission d'évaluer et de faire des propositions sur des questions de société dans le domaine des sciences et techniques.

et d'incitation à la prise en compte de l'informatique à tous les niveaux d'enseignement, la forme de ces politiques variant selon les choix politiques de ces pays.

Le plan interministériel *Micro electronics program* (MEP) en Grande-Bretagne lancé en 1980 s'est déroulé jusqu'en 1986 et a donné une large place à la formation continue des enseignants (*in-service training*) selon un modèle de formation en cascade. Concernant initialement l'enseignement de second degré, il s'est ensuite étendu à l'enseignement primaire (Thorne, 1987). Des formes d'initiation d'élèves à la programmation ont été mises en œuvre. Forthergill (1987) note ainsi qu'un des points qui ont fait débat a été le choix d'un langage de programmation. Cette question a souvent été relevée : le langage utilisé passe souvent au premier plan, devant les concepts à enseigner. Ainsi, un élève peut savoir écrire l'instruction d'une structure conditionnelle dans un langage donné, sans pour autant avoir acquis le concept sous-jacent.

On peut aussi mentionner ici les actions menées au Québec, pays francophone, à peu près vers la même époque. Chomiene (1988) écrit que, si des expériences isolées ont eu lieu dans le primaire dès le tout début des années 1980, l'impulsion politique a été donnée en 1983 au niveau de la province, avec le plan de développement de la micro-informatique, qui avait des objectifs relativement similaires à ceux promulgués dans d'autres pays.

Cette auteure présente les actions relevant de la technologie éducative, avec un souci de production de ressources spécifiques. Elle relève que l'ordinateur était considéré comme un outil de formation sans application particulière aux disciplines (surtout dans le primaire), aucune place ne lui étant réservée dans le curriculum scolaire.

Par la suite, les choses ont évolué de manière spécifique à chaque pays, certains choisissant un peu plus tard de lancer des curricula spécifiques d'informatique dès le primaire.

On note actuellement une tendance assez nette un peu partout dans le monde : considérer qu'un peu d'informatique doit faire partie du bagage de chaque élève à la fin de sa scolarité obligatoire. Un des exemples les plus nets est sans doute celui de l'Angleterre, qui a modifié en 2013 son curriculum national pour y inclure explicitement de l'informatique.

Ces exemples vont dans le même sens : la nécessité d'enseigner, dès le premier degré, des concepts liés à l'informatique (et non pas à un langage de programmation particulier) se répand dans les systèmes édu-

catifs, la finalité annoncée étant très ambitieuse : utiliser la pensée informatique pour comprendre et changer le monde. La principale difficulté est sans doute de savoir comment amorcer un processus dont le déroulement met beaucoup de pression sur les systèmes de formation des maîtres.

Dans ce qui suit, nous allons principalement présenter une synthèse de résultats obtenus par la recherche sur les apports des différentes méthodes employées pour enseigner la pensée informatique à l'école primaire.

## Une analyse des approches mises en œuvre depuis les années 1980

À l'école primaire, l'enseignement de l'informatique viserait l'apprentissage d'une pensée singulière autorisant une nouvelle approche de la résolution de problèmes. L'apprentissage de la programmation tiendrait une place importante dans le développement de cette pensée. Cependant, comme le souligne Ackermann (2013), le terme de programmation recouvre de multiples acceptions selon les personnes non spécialistes du domaine. De même, la diversité des artefacts programmables – ordinateurs, jouets, divers robots, etc. – engendre de nombreuses manières d'interagir et de contrôler le comportement de ces artefacts (écriture de lignes de code, mais aussi programmation tactile, sonore, etc.).

Nous allons étudier dans cette section, en nous fondant sur des travaux de recherche, les différentes approches mises en œuvre en vue de l'acquisition par les enfants d'une pensée de type informatique. D'abord, nous préciserons cette notion. Nous analyserons ensuite ce qui a été établi pour deux types de systèmes : LOGO et SCRATCH. Puis nous aborderons plus généralement le cas de la robotique pédagogique et nous concluons sur la question de ce qu'on appelle « l'informatique débranchée ».

## La pensée informatique : une notion plurielle déclinée dans les curricula

Le consensus s'est fait, parmi les partisans d'un enseignement de l'informatique, autour de l'idée qu'apprendre la programmation développera chez les élèves une forme de pensée singulière. Ils seraient alors à même de transférer cet apprentissage à d'autres domaines (Arsac, 1987 ; Hebenstreit, 1984 ; Papert,

1981). Toutefois, la revue de littérature menée par Baron (1990) souligne que ces transferts de compétences ne sont pas prouvés lors d'expérimentations cherchant à les mesurer.

La « pensée informatique » (*computational thinking*) est devenue populaire au début des années 2000. L'article considéré comme fondateur sur ce point (Wing, 2006) en donne une définition très large et passablement floue. L'auteure indique que ce type de pensée, liée directement à l'informatique, a comme caractéristiques la conceptualisation, et non la programmation, des savoirs-faire fondamentaux et non pas du « par cœur », qu'elle est propre à l'humain quand il doit résoudre des problèmes, venant en complément de ce qui relève des mathématiques et de l'ingénierie et les combinant, correspondant à des idées et pas à des outils. Si elle met l'accent sur les sciences et la technologie, elle argumente que chacun devrait être initié à cette pensée et elle prévoit qu'elle sera partie intégrante de ce que l'on apprend dans l'enfance.

Si la pensée informatique prend racine dans les travaux de Papert, l'approche proposée par Wing en diffère. Pour Papert, l'apprentissage, explicite, de la programmation favorise en effet le développement d'une pensée procédurale chez les enfants. Chez Wing, la « pensée computationnelle » implique l'usage de concepts généraux qui ne sont pas tous spécifiques de l'informatique. Voogt, Fisser, Good *et alii* (2015) considèrent qu'il s'agit là d'une distinction subtile, car, tôt ou tard, l'apprentissage de l'informatique nécessitera des connaissances en programmation et parce que c'est bien l'apprentissage des concepts centraux en informatique qui, selon eux, permettra le développement d'une telle forme de pensée.

## Aux origines : LOGO

Si le langage LOGO est maintenant un peu oublié, au moins en France, il a connu des périodes fastes. Un de ses tout premiers artisans, W. Feurzeig (2010), rappelle qu'il a été conçu dans la firme de recherche Bolt, Berank & Newman (BBN) à partir de 1966 en direction des enfants, l'idée de « tortue de plancher », c'est-à-dire de mobile programmable, étant expérimentée à partir de 1971. Papert a été l'un des artisans les plus importants de la diffusion de ce langage. C'est à lui en particulier qu'on doit, lors du premier colloque mondial sur l'ordinateur en éducation en 1970, une alternative simple mais efficace en des temps où l'enseignement programmé jouissait d'une grande faveur : si l'enfant

ne programme pas l'ordinateur, c'est l'ordinateur qui le programmera (Papert, 1970).

Dès l'introduction de LOGO, des recherches ont été menées en France, en particulier à l'initiative de l'Institut national de recherche pédagogique (INRP), où une recherche coopérative sur programme (RCP) est lancée dès les années 1970, aussi bien au collège, où les mathématiques sont la discipline préférentiellement concernée (Le Touzé, N'gosso, Robert *et al.*, 1979), qu'à l'école primaire (INRP, 1981). Dans ce dernier cas, étant donné l'orientation de LOGO, c'est aussi la géométrie qui a été surtout concernée, avec les notions très importantes d'angle (en particulier d'angle droit) et de mouvements, en particulier la composition d'angles de 90 degrés (Robert, 1981).

Papert, dont le style d'écriture, dans ses ouvrages pour le grand public, est parfois proche de celui de l'évangéliste, a également eu une influence considérable sur les chercheurs. Robert, dans un article de synthèse paru dans la revue *Enfance* en 1985, relève ainsi qu'en France les premières expériences remontent à 1977-1978, et ont lieu d'abord avec un nombre très limité de postes de travail (à l'époque les micro-ordinateurs n'étaient pas répandus). Il note aussi qu'un certain nombre de recherches sont des approches très exploratoires, sans recueil systématique de données d'observation.

En 1985, plusieurs orientations structurent la recherche : celle sur la « géométrie de la tortue », avec une approche relevant plutôt de l'épistémologie et des mathématiques ; celle sur l'acquisition d'une « culture informatique et technique » ou sur l'élargissement du champ d'application à d'autres secteurs que les mathématiques (grammaire, musique, robotique) ou encore celle des « conditions d'intégration et d'utilisation de tels systèmes dans le cadre scolaire » (Robert, 1985).

À peu près à la même époque, M. Crahay, dans une synthèse publiée dans la *Revue française de pédagogie*, remarque que l'argumentation de Papert est parfois « trop triomphaliste » et relève d'une « rhétorique militante ». Pour lui, les micromondes LOGO sont des médiateurs entre les savoirs intuitifs et les théories formelles. Relevant que les recherches menées sur les bénéfices liés à l'utilisation de LOGO sont décevantes, il estime que :

Croire que programmer en langage LOGO peut développer une aptitude générale à résoudre des problèmes, c'est commettre la même erreur que d'attribuer au latin la faculté de développer l'esprit logique et les capacités de raisonnement (Crahay, 1987, p. 43).



Finalement, il argumente que la pensée procédurale n'est que l'une des formes de la pensée et que le postulat selon lequel penser c'est effectuer des procédures mériterait d'être revisité par les chercheurs en psychopédagogie.

## SCRATCH, un changement dans la continuité

Depuis les années 2000, on trouve des articles présentant le système SCRATCH. Ce dernier est un langage de programmation dite « orientée objets ». Dans ce contexte, un objet est une entité de l'univers considéré, qui se caractérise par des attributs et des comportements. Par exemple, dans la programmation en SCRATCH, le programme crée des « lutins » et définit leur forme et leur type de comportement : avancer d'une certaine longueur, tourner, sauter, etc. La programmation orientée objets consiste donc à définir ces objets et leurs comportements dans un langage supportant ce paradigme de programmation.

Le langage SCRATCH a été élaboré au sein du *Massachusetts Institute of Technology*, dans la tradition de LOGO. Il repose sur une interface évoquant le jeu de construction LEGO, avec des briques différentes qui s'emboîtent (Resnick, Maloney, Monroy-Hernández et al., 2009). Le système est disponible librement, à la fois en ligne et sous forme d'application autonome. Il vise à permettre les essais et erreurs. On peut inventer des situations, modifier des paramètres à la volée, bricoler, en somme pratiquer un tâtonnement expérimental, comme disait C. Freinet (Wilson & Moffat, 2010).

Le rapport à la création d'algorithmes est spécifique, dans la mesure où SCRATCH invite à faire interagir des acteurs dotés chacun de leur propre script et se synchronisant par envoi de messages.

Une assez vaste littérature, principalement en anglais, donne des exemples d'expérimentations réussies, en particulier autour du système SCRATCH et de sa déclinaison pour les plus jeunes, SCRATCH Jr, disponible pour tablettes.

Ainsi, dans un article récent, J. Portelance et ses collègues (Portelance, Strawhacker & Bers, 2015) analysent une expérimentation menée dans trois classes publiques primaires (de la première à la troisième année), auprès de 62 élèves, selon un protocole très précis : un curriculum de 6 semaines a été mis en œuvre, avec une organisation en trois étapes, correspondant aux types de programmes réalisés : *collages, histoires, jeux*, utilisant trois types de blocs : débutants,

intermédiaires, avancés. Ils documentent la capacité des jeunes à programmer, en relevant l'importance prépondérante des blocs de mouvement.

Des recherches francophones concernant SCRATCH Jr commencent à apparaître. Les premiers résultats obtenus par Touloupaki et Baron (2015) dans une recherche exploratoire auprès d'enfants d'une classe de CP montrent l'acquisition de certains concepts informatiques après 4 séances de travail avec SCRATCH. Les séances ont été construites sur des scénarios pédagogiques permettant une progression dans l'appropriation tant de l'application que des concepts informatiques. Si les élèves comprennent bien comment déplacer les personnages, ils ont plus de mal avec des notions telles que la répétition, identifier un motif qui se répète, et les messages entre objets, qui permettent de lier les comportements des objets entre eux.

Dans un article assez récent, Brennan et Resnick (2012) proposent des clés d'analyse pour caractériser la pensée informatique, obtenues à partir d'observations de l'activité de jeunes concepteurs de programmes SCRATCH.

Ils distinguent ainsi trois dimensions de la pensée informatique. La première est celle des concepts informatiques mobilisés par les concepteurs : les séquences, les boucles, les événements, le parallélisme, les structures conditionnelles, les opérateurs, les données. La deuxième est celle des pratiques informatiques repérées lors d'entretiens avec les jeunes concepteurs et par des observations : la tendance à opérer par améliorations successives et itératives, à tester et déboguer, à réutiliser et remixer, à abstraire et modulariser.

La dernière dimension concerne les « perspectives », autrement dit la manière dont les concepteurs se décrivent eux-mêmes, perçoivent leur relation aux autres et au monde technologique qui les entoure. Ainsi, ces personnes, supposées avoir développé une pensée informatique du fait de leur expérience de SCRATCH, auraient tendance à considérer l'informatique comme un moyen de créer et d'exprimer ses idées, davantage que comme quelque chose à consommer, d'interagir avec les autres, de questionner ce qui semble évident, notamment concernant les artefacts eux-mêmes. Les jeunes concepteurs questionnent les limites de SCRATCH, tentent de les contourner en développant eux-mêmes des améliorations qu'ils diffusent par la suite. Ils ont donc non seulement la capacité de se poser des questions, par rapport à des situations qui, sans cette culture, seraient probablement



subies, mais ils ont aussi le sentiment d'une agentivité permettant de modifier cette situation.

## Robotique pédagogique

La programmation de robots est devenue une activité relativement populaire, comme l'attestent les reportages des médias et la mise incessante sur le marché de nouveaux dispositifs adaptés à toutes les classes d'âge, depuis l'école maternelle. Il s'agit là d'une resurgence intéressante d'un phénomène apparu il y a longtemps.

Dès le début, LOGO est fondé sur le pilotage d'un objet mobile (classiquement une tortue). Dès le premier colloque LOGO en 1983, Martial Vivet envisage explicitement l'utilisation d'autres types de véhicule que la tortue, par exemple un chariot de cariste.

Cet intérêt pour une robotique « pédagogique » se maintiendra longtemps, avec notamment le développement de dispositifs fondés sur des jeux de construction pilotables par ordinateur (Fisher-Technik, Lego).

Des travaux francophones récents portent sur la mise en œuvre de démarches dans les petites classes. Celles-ci peuvent être fondées sur des robots programmables très simples comme les Bee-Bots (Misirli & Komis, 2012). Les auteurs montrent que les jeunes enfants sont capables, dans des conditions favorables, de concevoir des algorithmes simples et de les mettre en place. Ces conditions sont celles d'une contextualisation appropriée, mise en œuvre par des situations-problèmes adéquates tout au long des différentes phases de la réalisation du scénario pédagogique (Komis & Misirli, 2015).

Il semble, en effet, que la mise en œuvre de robots permette en tout cas non seulement de motiver les apprenants mais aussi de faciliter l'introduction de nouvelles connaissances. Plusieurs études ont ainsi suggéré que ce type de pédagogie entraîne un effet positif sur l'activation, la restructuration et l'assimilation des connaissances, voire sur le transfert de connaissances via la résolution de problèmes (Gaudiello & Zibetti, 2013). Menée uniquement sur des études comportant une mesure de l'apprentissage, la méta-analyse réalisée par Barreto et Beniti (2012) aboutit à la conclusion que la robotique pédagogique est susceptible d'augmenter les résultats dans le domaine des sciences et des techniques. Les auteurs mettent aussi l'accent sur le rôle central des enseignants et sur l'alignement des tâches avec les connaissances des élèves.

## Une informatique débranchée ?

L'idée que l'informatique ne se réduit pas à la science des ordinateurs est aussi ancienne que l'informatique. Dans les années 1970, à un moment où il s'agissait de transmettre une démarche algorithmique, organisatrice et modélisante, utiliser un ordinateur n'était d'ailleurs pas fréquent.

La volonté de dissocier l'informatique de l'ordinateur dans l'enseignement a fait l'objet outre-Atlantique d'un mouvement appelé « *computer science unplugged* », en français : « informatique débranchée ». Ce mouvement a pour vocation de faire connaître l'informatique aux plus jeunes, la plupart du temps hors activités scolaires (camp d'été par exemple) ou bien de s'adresser à un public donné (les filles par exemple). Dans une étude de synthèse, Drot-Delange (2013) présente ce mouvement d'enseignement de l'informatique sans ordinateurs.

Le principe des activités proposées est de reposer principalement sur le jeu, la manipulation d'objets, des tours de magie. Ce sont les principes de la science en informatique qui sont centraux dans la démarche proposée, et pas seulement la programmation. Les activités doivent être simples, susciter l'engagement de l'enfant et favoriser les situations de coopération ou de compétition.

L'analyse faite par Spach (2015) d'une séquence menée dans une classe de CM2 concernant la découverte de la notion d'automate montre que l'apparente simplicité du scénario, le « plaisir à faire » des élèves pourraient conduire les enseignants à se contenter de l'apport cognitif, certes, mais aussi à passer à côté des apprentissages en informatique. Ce risque est d'autant plus fort que les notions informatiques ne sont pas toujours introduites par l'enseignant. Bref, des activités qui peuvent paraître être fournies « clé en main » via les plateformes de partage de ressources nécessitent malgré tout un accompagnement ou une formation de l'enseignant.

Le rapport mentionné plus haut de l'Académie des sciences préconise ce type d'approche dès l'école primaire. Après avoir remarqué que l'humanité a de temps immémoriaux utilisé des algorithmes, il estime que l'initiation à cette notion peut débiter par des algorithmes de la vie de tous les jours. C'est seulement dans un deuxième temps que l'on pourra alors passer à un niveau d'abstraction supérieur : « une séquence : faire ceci puis cela ; un test : si telle condition est vérifiée, alors faire ceci, sinon faire cela ; une boucle : faire

ceci trois fois, ou alors jusqu'à ce que telle condition soit vérifiée » (Académie des sciences, 2013, p. 22)

L'enjeu est de découvrir les concepts de l'informatique par des jeux fondés sur des situations pouvant mettre en œuvre des objets concrets pouvant d'ailleurs être des objets informatisés de faible coût. On est alors dans une pédagogie de découverte par l'activité. Ceci pose la question de savoir comment organiser cela dans un système scolaire encore fondé sur la transmission de savoirs au sein de disciplines.

## Pensée informatique, penser avec l'informatique

Épouse-t-on avec la pensée informatique la question de la transmission aux jeunes de notions et d'une culture liées à l'informatique ? La réponse est certainement négative. É. Bruillard, un informaticien intéressé par les problématiques éducatives et communicationnelles, considère pour sa part que l'informatique s'organise autour de trois grandes approches : d'abord, les algorithmes et le traitement automatisé dans le cycle classique données/traitement/résultats ; ensuite une approche liée à l'interaction entre ordinateurs et personnes, où l'activité humaine est centrale, et enfin une approche collective, liée à l'action d'agents humains et non humains au sein de réseaux sociaux.

Pour cet auteur, avant tout, l'informatique est une nouvelle technologie d'écriture permettant de « découpler l'information de son support », de « séparer l'écriture de son support matériel », ce qui a des effets multiples, favorisant les postures réflexives et le partage collectif. Il souligne que « l'informatique introduit des formes d'écriture "performatives" », avec des « caractéristiques nouvelles relevant de la programmation ou plus largement de la manipulation de données : la lecture de cette écriture conduit à des actions (exécution effectuée par les machines) » (Bruillard, 2016). L'artefact est alors un artefact cognitif, il s'agit donc de *penser avec l'informatique*, ce qui est plus large que l'idée de pensée informatique lorsque celle-ci est fondée sur le concept d'algorithme (Tchounikine, 2016).

Cette notion de *penser avec l'informatique* a pour intérêt d'attirer l'attention sur le fait qu'il y a des concepts soutenant l'activité technique de programmer des équipements informatiques. Sans doute correspond-elle assez bien à ce qu'on appelait la « pensée logistique » dans les années 1980 et la « démarche informatique » dans les années précédentes. Mais on peut se demander dans quelle mesure elle peut résu-

mer ce qui en jeu dans l'apprentissage de l'informatique pour tous.

## Discussion et perspectives

Dans l'enseignement primaire, l'informatique suit un chemin qu'on peut qualifier de tortueux et de cahoteux. Au cours du temps, la légitimité de son introduction à ce niveau s'est affirmée. De fait, un consensus semble exister autour de l'idée que l'informatique n'est pas un phénomène transitoire, qu'elle va continuer, sous différentes formes, à faire évoluer nos modes de vie, contribuer à reconfigurer des formes de communication et d'organisation du travail, voire la citoyenneté elle-même.

## Plusieurs approches en tension

Si la question de l'introduction de l'informatique à l'école primaire semble tranchée dans le cas de la France, celle de la manière dont peut être organisée et pérennisée cette présence ne l'est pas. Plusieurs formes transitoires du discours officiel ont été produites depuis les années 1980 : la centration sur le langage LOGO et le développement de la « pensée logistique », la dénégation pure et simple, l'installation d'une approche par compétences niant la programmation, puis le retour récent (à la rentrée 2016) d'une initiation à la programmation.

Au niveau de l'enseignement primaire, plusieurs approches non exclusives apparaissent plausibles. La première est liée à la programmation, en particulier de robots et d'instruments mobiles. Une grande variété d'environnements existent pour cela, avec des fonctionnalités différentes. Ils sont indubitablement un support d'activité permettant de faire passer des notions et de motiver les élèves à apprendre en mettant en œuvre des pédagogies de type constructiviste. En revanche, ils ne peuvent à l'évidence suffire.

La deuxième approche est liée à une découverte de la pensée informatique par des activités débranchées, lesquelles peuvent d'ailleurs faire usage d'outils informatisés. Cela devrait permettre de faire prendre contact aux jeunes avec les algorithmes et de les amener à conceptualiser *a minima* cette notion.

Enfin, une troisième orientation est relative à l'éducation de tous les jeunes à l'utilisation prudente et raisonnée des ressources numériques contemporaines. Cela correspond à un certain nombre des notions qui figuraient en filigrane dans le référentiel

du B2i derrière les listes de compétences, en particulier dans les deux premiers domaines (« s'approprier un environnement informatique de travail » et « adopter une attitude responsable »). L'orientation est identique pour le cadre de référence des compétences numériques amené à remplacer le B2i à la rentrée 2017<sup>5</sup>, même si sa déclinaison est différente.

La question de savoir dans quelles proportions ces différentes approches figurent dans les curricula à chaque niveau relève de la compétence des décideurs politiques, leur mise en œuvre au sein de la classe de la compétence des enseignants.

## La formation des maîtres : une entreprise désespérée ?

En matière de formation des maîtres, la France n'est pas très différente d'autres pays : s'il est valorisant pour des autorités politiques de lancer des plans d'allocation aux écoles ou aux élèves d'équipement bien visibles, il est plus difficile de mettre en place des politiques de formation qui coûtent cher et demandent du temps pour produire des effets. Surtout dans un domaine où la doxa officielle a un moment prétendu qu'il n'y avait pas besoin de tant former pour l'utilisation d'outils finalement banalisés et où la question des contenus de formation nécessaires n'a pas suscité de consensus. La dernière réforme des programmes en date en France, mise en œuvre en 2016, introduit des notions d'informatique à l'école primaire, sans que les (futurs) enseignants y aient été préparés.

Nous n'analyserons pas en détail ici ce problème de la formation des enseignants, qui a donné lieu à une très abondante littérature, et nous contenterons de quelques remarques. La première est que de très gros investissements ont été consentis dans ce domaine jusque vers la fin des années 1980. Il s'est agi essentiellement de formations continues qui étaient en fait des formations initiales différées. La deuxième est que les institutions de formation des maîtres ont eu du mal à mettre en œuvre des actions efficaces dans un contexte de réformes fréquentes et de concurrence de priorités. La troisième est le caractère très spécifique de l'école primaire, où les autorités ont mis en place dès le plan informatique pour tous de 1985 des structures et des fonctions d'accompagnement de proximité des enseignants, avec notamment la création de

ce qu'on appelle les assistants TICE (ATICE), rattachés aux inspections départementales (Villemonteix, 2011).

On est cependant face à un déficit de formation et à un problème redoutable étant donné les effectifs d'enseignants concernés. Le *Certificat informatique et internet* (C2i) a bien été mis en place dans la décennie 2000 et tous les nouveaux enseignants sont censés le posséder à terme. Mais son orientation actuelle, centrée sur l'acquisition de compétences sans s'intéresser spécialement aux concepts en jeu, exclut ce qui relève de la programmation.

Dans ce domaine, des initiatives individuelles ont commencé à mettre en place, à destination des futurs enseignants, des enseignements universitaires liés à l'informatique qui intègrent une telle orientation (Baron & Voulgre, 2015). Sans doute, une formation initiale de spécialiste n'est-elle pas nécessaire au niveau de l'enseignement primaire. Mais il reste à concevoir et à organiser une familiarisation suffisante de manière standard.

De toutes les manières, une formation initiale doit toujours être complétée par des actions de formation continue ou, pour employer un terme maintenant répandu et qui est intéressant même s'il est flou, *d'accompagnement*. La formation continue a jusqu'ici toujours joué un très grand rôle dans le domaine de la diffusion des usages éducatifs de l'informatique, sous des formes aussi bien formelles (au sein d'actions des plans départementaux de formation) qu'informelles (au sein des écoles ou des groupes de collègues). Dans la dernière décennie, former à la programmation sous ses différentes formes a été tabou. Les choses semblent désormais évoluer, dans la mesure où les instructions officielles font une place un peu différente à l'informatique, notamment dans sa dimension algorithmique ou programmation.

Dans une orientation faisant une place significative à la question de la programmation, il devrait être encore possible de s'appuyer sur le réseau des assistants TICE, qui comprend encore des acteurs ayant eu dans le passé l'expérience de LOGO et qui disposent à la fois de compétences techniques et pédagogiques (Villemonteix & Baron, 2012).

Bien entendu, le risque existe que la question de l'initiation des jeunes à l'informatique soit déléguée au périscolaire. Un tel type de solution nécessiterait, pour être équitable, un engagement des collectivités territoriales pour employer des agents spécialisés et pour leur assurer une formation complémentaire. Cela signifierait, en revanche, une impuissance (peut-être

5 En ligne : <<https://www.service-public.fr/particuliers/actualites/A11141>> (consulté le 28 juin 2017).

momentanée) de l'État à prendre en charge la question de la transmission d'une culture informatique à tous et à toutes.

Nous n'en sommes pas là. Un amorçage est en train de se produire. Il dépend au premier chef des autorités politiques, qui ont le pouvoir de prescrire et d'affecter des moyens au service de leur ambition. Ces autorités disposent pour cela d'un certain nombre de leviers, dont celui d'installer des modalités nouvelles de formation à distance, en s'appuyant sur des investissements déjà faits, par exemple autour de l'opération dite M@gistère<sup>6</sup>.

Quels que soient les choix politiques effectués, c'est une responsabilité de la recherche que de produire des connaissances sur les conditions permettant le développement d'enseignements pour les élèves et de formations pour les enseignants.

Georges-Louis Baron

Sorbonne Paris Cité, Université Paris Descartes,  
laboratoire EDA  
georges-louis.baron@paris5.sorbonne.fr

Béatrice Drot-Delange

Université Clermont Auvergne, ACTÉ  
beatrice.drot-delange@uca.fr

## Bibliographie

- ACADÉMIE DES SCIENCES (2013). *L'enseignement de l'informatique en France : il est urgent de ne plus attendre. Rapport de l'Académie des sciences*. En ligne : <[http://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads\\_0513.pdf](http://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads_0513.pdf)> (consulté le 2 juin 2017).
- ACKERMANN E. K. (2013). « Programming for the natives: What is it? What's in it for the kids? ». *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, vol. 1, n° 1, p. 133-149.
- ARSAC J. (1987). *Les machines à penser. Des ordinateurs et des hommes*. Paris : Éd. du Seuil.
- BARON G.-L. (1990). « L'informatique en éducation ». *Revue française de pédagogie*, n° 92, p. 57-77.
- BARON G.-L. & VOULGRE E. (2015). « Initier à la programmation des étudiants de master de sciences de l'éducation ?

Un compte rendu d'expérience ». In G.-L. Baron, É. Bruillard & B. Drot-Delange, *Informatique en éducation : perspectives curriculaires et didactiques*. Clermont-Ferrand : Presses universitaires Blaise-Pascal, p. 227-246.

- BARRETO F. & BENITI V. (2012). « Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review ». *Computers & Education*, vol. 58, n° 3, p. 978-988.
- BERTRAND C. (2005). « Le B2i : une prescription ambiguë ». In G.-L. Baron, C. Caron & M. Harrari, *Le multimédia dans la classe à l'école primaire*. Lyon : INRP, p. 157-166. En ligne : <<http://halshs.archives-ouvertes.fr/edutice-00274762/>> (consulté le 26 février 2017).
- BRENNAN K. & RESNICK M. (2012). « New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking ». In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada*. En ligne : <<http://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>> (consulté le 26 février 2017).
- BRUILLARD É. (2016). « Quelle informatique à repenser et à reconstruire pour les élèves de l'école primaire ? ». In F. Villemonteix, G.-L. Baron & J. Béziat, *L'école primaire et les technologies informatisées. Des enseignants face aux TICE*. Villeneuve-d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 29-37.
- CHOMIENNE M. (1988). *L'informatique scolaire au Québec : évolution et état de la situation*. En ligne : <<https://hal.inria.fr/docs/00/03/07/36/PDF/b49p072.pdf>> (consulté le 26 février 2017).
- CRAHAY M. (1987). « Logo, un environnement propice à la pensée procédurale ». *Revue française de pédagogie*, vol. 80, n° 1, p. 37-56.
- DROT-DELANGE B. (2013). « Enseigner l'informatique débranchée : analyse didactique d'activités ». Communication présentée au colloque *Actualité de la recherche en éducation et en formation* (AREF 2013), organisé à Montpellier du 27 au 30 août 2013. En ligne : <<http://www.aref2013.univ-montp2.fr/cod6/?q=content/380-enseigner-linformatique-d%C3%A9branch%C3%A9e%C2%A0-analyse-didactique-dactivit%C3%A9s-0>> (consulté le 26 février 2017).
- FEURZEIG W. (2010). « Toward a Culture of Creativity: A Personal Perspective on Logo's Early Years and Ongoing Potential ». *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, vol. 15, n° 3, p. 257-265.
- FLUCKIGER C. & REUTER Y. (2014). « Les contenus "informatiques" et leur(s) reconstruction(s) par les élèves de CM2. Étude didactique ». *Recherches en éducation*, n° 18, p. 64-78.
- FOTHERGILL R. (1987). « The Director's View ». *British Journal of Educational Technology*, vol. 18, n° 3, p. 181-194.
- GAUDIELLO I. & ZIBETTI E. (2013). « La robotique éducationnelle : état des lieux et perspectives ». *Psychologie française*, vol. 58, n° 1, p. 17-40.
- GOBERT T. (2012). « Après la certification B2i, vers des compétences sous-jacentes et socio-numériques ? ». *Questions vives. Recherches en éducation*, vol. 7, n° 17, p. 89-103.
- HEBENSTREIT J. (1984). « Informatique et enseignement. La

6 Il s'agit d'un dispositif mis en œuvre en 2012 auquel peuvent participer tous les enseignants du primaire, sous la supervision de l'inspection départementale, dans un contexte où, depuis 2013, les enseignants du primaire ont une obligation de formation à distance et sur supports numériques. Les modules sont choisis par les inspecteurs de l'Éducation nationale et donnent lieu à un tutorat à distance et possiblement en présence.

- vie des sciences». *Comptes rendus de l'Académie des sciences, série générale*, tome 1, p.381-398.
- INRP (1981). *Pratique active de l'informatique par l'enfant. Rapport de recherche*. Paris : INRP. En ligne : <<http://lara.inist.fr/handle/2332/1248>> (consulté le 26 février 2017).
- KOMIS V. & MISIRLI A. (2015). « Apprendre à programmer à l'école maternelle à l'aide de jouets programmables ». In G.-L. Baron, E. Bruillard & B. Drot-Delange, *Informatique en éducation : perspectives curriculaires et didactiques*. Clermont-Ferrand : Presses universitaires Blaise-Pascal, p.209-226
- LE TOUZÉ J.-C., N'GOSSO I., ROBERT F. & SALAMÉ N. (1979). *Apports d'un environnement informatique dans le processus d'apprentissage. Projet LOGO*. Paris : INRP, Département de recherche sur les applications éducatives des technologies de communication, section « informatique et enseignement », p.78.
- MISIRLI A. & KOMIS V. (2012). *Jeux programmables de type Logo à l'école maternelle*. En ligne : <<http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article140&lang=fr>> (consulté le 17 septembre 2015).
- PAPERT S. (1970). « Teaching children thinking ». In B. Scheepmaker (dir.), *Proceedings of the IFIP World Conference on Computer Education*, vol.1, invited papers. Amsterdam : IFIP, p.61-66.
- PAPERT S. (1981). *Jaillissement de l'esprit : ordinateurs et apprentissage*. Paris : Flammarion.
- PORTELANCE D. J., STRAWHACKER A. L. & BERS M. U. (2015). « Constructing the SCRATCHjr programming language in the early childhood classroom ». *International Journal of Technology and Design Education*, vol.26, n°4, p.1-16.
- RESNICK M., MALONEY J., MONROY-HERNÁNDEZ A., RUSK N., EASTMOND E., BRENNAN K., SILVERMAN B. et al. (2009). « SCRATCH : programming for all ». *Communications of the ACM*, vol.52, n°11, p.60-67.
- ROBERT F. (1981). « Quelques formes de raisonnement en "géométrie de tortue", par des enfants de 10/12 ans ». In INRP, *Pratique active de l'informatique par l'enfant*. Paris : INRP, p.49-58. En ligne : <<http://lara.inist.fr/handle/2332/1248>> (consulté le 26 février 2017).
- ROBERT F. (1985). « L'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement primaire : l'exemple de la France ». *Enfance*, vol.38, n°1, p.19-30.
- SIMON J.-C. (1980). *L'éducation et l'informatisation de la société*. Paris : La Documentation française.
- SPACH M. (2015). *Apprentissage d'un concept informatique à l'école primaire : l'automate*. En ligne : <[http://www.adjectif.net/spip/spip.php?page=article&id\\_article=371](http://www.adjectif.net/spip/spip.php?page=article&id_article=371)> (consulté le 1<sup>er</sup> décembre 2015)
- TCHOUNIKINE P. (2016). *Initier les élèves à la pensée informatique et à la programmation avec Scratch*. En ligne : <<http://lig-membres.imag.fr/tchounikine/PenseeInformatiqueEcole.html>> (consulté le 2 juin 2017).
- THORNE M. (1987). « The Legacy of the Microelectronics Education Programme ». *British Journal of Educational Technology*, vol.18, n°3, p.165-181.
- TOULOUPAKI S. & BARON G.-L. (2015). « De la programmation à l'école primaire ? Une approche exploratoire en cycle 2 ». Communication présentée au colloque ETIC2, organisé à Gennevilliers du 14 au 16 octobre 2015. En ligne : <<http://colloque-etic.fr/media/pdf/24.pdf>> (consulté le 26 février 2017).
- VANDEPUT E. (2015). « Certifier la compétence numérique. Conception et notation des épreuves ». In G.-L. Baron, É. Bruillard & B. Drot-Delange, *Informatique en éducation : perspectives curriculaires et didactiques*. Clermont-Ferrand : Presses universitaires Blaise-Pascal, p.153-179.
- VILLEMONTÉIX F. (2011). *Informatique scolaire à l'école primaire. Spécificité et devenir du groupe professionnel des animateurs TICE*. Paris : L'Harmattan.
- VILLEMONTÉIX F. & BARON G.-L. (2012). « L'informatique à l'école : le modèle du "pair-expert" en mutation ? » *Questions vives. Recherches en éducation*, vol.6, n°16, p.59-72.
- VOOGT J., FISSER P., GOOD J., MISHRA P. & YADAV A. (2015). « Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice ». *Education and Information Technologies*, vol.20, n°4, p.715-728.
- WILSON A. & MOFFAT D. C. (2010). *Evaluating SCRATCH to introduce younger schoolchildren to programming*. En ligne : <<http://scratched.media.mit.edu/sites/default/files/wilson-moffat-ppig2010-final.pdf>> (consulté le 26 février 2017)
- WING J. M. (2006). « Computational thinking ». *Commun. ACM*, vol.49, n°3, p.33-35.