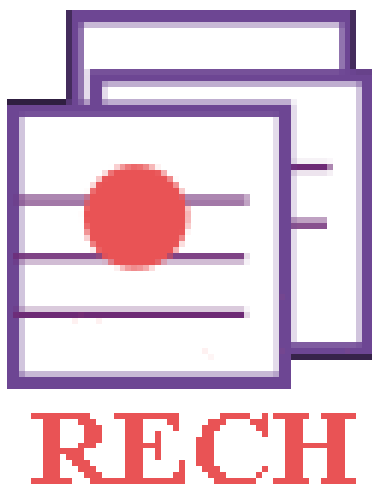


<https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/spip.php?article382>



L'éducation à l'informatique à l'école primaire

- Etat des recherches - Didactiques, pédagogies et TICE -



Date de mise en ligne : samedi 20 février 2016

Copyright © Adjectif - Tous droits réservés

Pour citer cet article :

Baron Georges-Louis, Drot-Delange Béatrice, Touloupaki Sevina (2016). L'éducation à l'informatique à l'école primaire : une bibliographie sélective commentée. *Adjectif.net* [En ligne] <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article382>

Résumé :

Ce texte trouve son origine dans le projet de recherche DALIE (didactique et apprentissage de l'informatique à l'école). A l'occasion de l'écriture d'un état de question, il a été décidé de constituer une bibliographie commentée sur le thème de l'informatique comme objet d'enseignement et de culture dans l'enseignement de premier degré.

Mots clés :

Apprentissage de l'informatique, École primaire, Bibliographies, Didactique, Enseignement de l'informatique, Programmation



[<https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/IMG/png/10000201000004b0000000b2acc38619.png>]

par *Georges-Louis Baron* [1], *Béatrice Drot Delange* [2], *Sevina Touloupaki* [3]

Introduction

Le document qui suit trouve son origine dans le projet de recherche DALIE (didactique et apprentissage de l'informatique à l'école). A l'occasion de l'écriture d'un état de question, il a été décidé de constituer une bibliographie commentée sur le thème de l'informatique comme objet d'enseignement et de culture dans l'enseignement de premier degré. Le cadre temporel choisi est celui de la période de temps entre les années 1970 et 2015.

Quatre grandes entrées, qui correspondent à la structuration du champ de recherche, ont été retenues :

1. Tout d'abord, des références à caractère général ou historique sont proposées : actes de colloques, ouvrages généraux, permettant de retracer l'histoire des différentes formes de prise en compte de l'informatique à l'école.
2. Une deuxième section fournit une sélection de références sur le langage LOGO (approche historiquement centrale) et, plus généralement, sur la robotique pédagogique. Cette dernière notion a principalement visé, dans l'enseignement primaire, à faire programmer des comportements de robots, soit par des dispositifs automatisés soit par des humains.
3. Une série de publications sur la programmation à l'aide du système SCRATCH et d'environnements similaires ont été regroupées ensuite. Il s'agit d'une approche de la programmation qu'on peut considérer comme en connexion avec le mouvement LOGO, même s'il y a des inflexions certaines.
4. Pensée informatique. Ce domaine est moins représenté que les autres en termes de publications de recherche. Mais il correspond à une réflexion très actuelle sur ce qui est spécifique à l'informatique du point de vue cognitif. Autant que possible, de courts résumés des références sélectionnées ont été insérés.

Références générales

Les références de cette section visent à refléter la réflexion sur l'informatique comme objet d'enseignement, en particulier dans l'enseignement primaire. Ce sont aussi bien des textes à caractère historique que des actes de manifestations de synthèse reflétant l'évolution des idées.

AFDI. (1991). *Actes du deuxième colloque francophone sur la didactique de l'informatique : Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, 30, 31 août et 1er septembre 1990*. Namur : AFDI, Presses Universitaires de Namur, CeFIS.

Ce livre d'actes est une référence sur la manière dont les chercheurs considéraient la didactique de l'informatique au tournant des années 1980, alors que l'informatique faisait encore l'objet d'enseignements au niveau lycée dans plusieurs pays francophones. Algorithmes et programmation étaient au centre des réflexions.

AFDI. (1996). *Les actes de la cinquième rencontre francophone sur la didactique de l'informatique*. Tunis : Imprimerie Officielle de la République Tunisienne.

Quel rôle peut-on conférer à la matière informatique scolaire dans les pays en voie de développement/ ? Les expériences vécues ainsi que leurs évaluations ont souvent concerné les pays développés. Dans quelle mesure les résultats de ces évaluations restent-ils valables pour les pays en voie de développement/ ?

Arsac, J. (1970). *La Science informatique*. Paris : Dunod.

Ce livre pionnier argumente, à un moment où l'informatique n'a pas encore de constitution scientifique bien reconnue, sur le fait qu'il s'agit d'une science du traitement de l'information

Baron, G.-L. (2012). L'informatique en éducation/ : quel (s) objet (s) d'enseignement/ ? *E-Dossiers de l'audiovisuel/ : L'éducation aux cultures de l'information*. Consulté à l'adresse <http://www.ina-expert.com/e-dossier-de-l-audiovisuel-l-education-aux-cultures-de-l-information/l-informatique-en-education-quel-s-objet-s-d-enseignement.html>

En 2011, l'informatique est une science majeure dont les applications sont innombrables. Mais cette discipline-carrefour, entre technologie et science autonome, est un phénomène en évolution constante, dont les contours ont beaucoup varié au cours du temps, au point que le système éducatif a peiné à en prendre la mesure et à définir des contenus dont l'appropriation est jugée indispensable pour les futures générations. À travers des considérations historiques et didactiques, ce texte propose une synthèse sur cette question de l'éducation à l'informatique depuis les années 1960 et sur les enjeux contemporains, liés à la place de l'information dans l'enseignement. Il s'agit d'un sujet sur lequel l'auteur travaille depuis fort longtemps. Il a donc fait appel à des matériaux ayant déjà fait l'objet de publications (en particulier/ : Baron, 2006/ ; Baron & Bruillard, 2011).

Baron, G.-L. (2014). Elèves, apprentissages et « numérique/ » : regard rétrospectif et perspectives. *Recherches en éducation*, 18, 91-103. Consulté à l'adresse <http://www.recherches-en-education.net/IMG/pdf/REE-no18.pdf>

De l'audiovisuel au « /numérique/ », une série de vagues de technologies de l'information et de la communication ont déferlé sur le système éducatif, puis reflué. Chacune a eu ses propres caractéristiques, visé ses propres objectifs, qu'il s'agisse de suppléer à un manque perçu d'enseignants, d'individualiser l'enseignement, de susciter la collaboration entre apprenants ou encore de former une génération de citoyens capables de prendre en compte les enjeux que véhiculaient ces technologies. Une constante se manifeste pourtant à chaque vague : on s'est demandé si l'on avait affaire à de nouveaux objets ou à de nouveaux outils d'enseignement et on s'est interrogé sur les moyens de prendre en compte leurs différentes valences au sein du système scolaire. Le texte cité s'intéresse à cette tension d'un point de vue d'abord historique puis prospectif. Il analyse en particulier l'évolution des grands choix théoriques de la recherche sur la technologie éducative puis discute des différentes orientations visant à justifier et soutenir la mise en place de nouveaux enseignements. (résumé de l'auteur)

Baron, G.-L., & Boulc'h, L. (2012). Les technologies de l'information et de la communication à l'école primaire. État de question en 2011. *EPINET, revue électronique de l'EPI*, 142. Consulté à l'adresse <http://epi.asso.fr/revue/articles/a1202b.htm>

Cette contribution vise à faire un état de question relativement à la prise en compte de l'informatique et des technologies numériques dans l'enseignement à l'école primaire. Elle a été réalisée dans le cadre du projet Oppidum mené en relation avec la municipalité de Saint-Maur-des-Fossés, en adoptant un cadre de références large, prêtant attention aussi bien à l'apprentissage des enfants qu'aux pratiques pédagogiques des enseignants et aux questions liées à la régulation sociale du fonctionnement de l'enseignement primaire. La première partie de ce texte présente des éléments de contexte historique et précise les grandes étapes du développement de ces technologies dans les établissements scolaires. La deuxième s'intéresse à ce que les recherches menées depuis la fin des années 1990 nous permettent d'affirmer s'agissant des principaux acteurs que sont les élèves, les parents et les enseignants. Puis la question des apprentissages avec les technologies fait l'objet d'une synthèse. Enfin, nous évoquons quelques éléments de prospective et quelques questions vives.

Baron, G.-L., & Bruillard, E. (2001). Une didactique de l'informatique/ ? *Revue Française de Pédagogie*, 135, 163-172. Consulté à l'adresse <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00286326/fr/>

L'informatique est une réalité paradoxalement à la fois répandue et cachée pour la majorité de la population, qui

interagit quotidiennement avec des outils logiciels. Si ces derniers ont, dans les publicités, la réputation d'être simples d'emploi, ils posent cependant de nombreux problèmes d'usage. L'informatique, discipline universitaire sans homologue scolaire et ensemble de savoirs intégrés dans d'autres disciplines est un domaine dont l'influence sur l'éducation est potentiellement forte. Le présent texte est une synthèse sur les enjeux didactiques qui lui sont liés en termes de culture citoyenne, de renouvellement de l'instrumentation et de développement de formes d'expérimentation. (Résumé de l'auteur)

Baron, G.-L., Bruillard, E., & Drot-Delange, B. (Éd.). (2015). *Informatique en éducation/ : perspectives curriculaires et didactiques*. Clermont-Ferrand, France : Presses universitaires Blaise-Pascal.

Qu'en est-il actuellement de l'enseignement du numérique ou plutôt de l'informatique et des technologies qui en procèdent/ ? À bien des égards, la période actuelle est celle de la transition entre deux époques. Dans la précédente (depuis les années 1990) il suffisait, au moins dans l'enseignement général, de considérer la familiarisation avec des outils, en se fondant sur une approche par compétences. La seconde, dans laquelle nous sommes entrés, est celle de la prise de conscience de la nécessité à transmettre aux jeunes générations les éléments d'une culture. Mais laquelle/ ? Cela fait l'objet de débats nombreux, auxquels cet ouvrage a pour ambition d'apporter un éclairage singulier. Les contributions qu'il présente suggèrent qu'il est possible de transmettre, même à des non-scientifiques, des éléments leur permettant de faire comprendre à de jeunes enfants des notions liées à la programmation et à des algorithmes très simples.

Baron, G.-L., Bruillard, É., & Komis, V. (Éd.). (2011). *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif/ : Analyse de pratiques et enjeux didactiques. Actes du colloque international DIDAPRO 4 - Dida&Stic, 24-26 octobre 2011, Université de Patras*. Consulté à l'adresse <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00690147>

Ce livre, issu du quatrième colloque de didactique des progiciels (organisé à Patras) fournit une série de points de vue sur l'informatique et les outils informatiques dans l'enseignement, en particulier sous la forme de curricula.

Baron, G.-L., Bruillard, E., & Pochon, L.-O. (Éd.). (2009). *Informatique et progiciels en éducation et en formation/ : Continuités et perspectives*. Technologies nouvelles et éducation. Lyon : École normale supérieure de Cachan, Institut de recherche et de documentation pédagogique, Institut national de recherche pédagogique.

Cet ouvrage est issu du deuxième colloque de didactique de l'informatique, tenu à Neuchâtel. Il s'intéresse en particulier à la manière dont les systèmes éducatifs peuvent favoriser la transmission aux jeunes d'une culture liée à l'informatique et à ses instruments.

Brown, N. C. C., Sentance, S., Crick, T., & Humphreys, S. (2013). Restart : The Resurgence of Computer Science in UK Schools. *ACM Trans. Comput. Educ*, 1(1), 32. Consulté à l'adresse <http://kar.kent.ac.uk/42486/1/toce-uk.pdf>.

La prise en compte de l'informatique au Royaume-Uni connaît des changements importants. Cette référence décrit un mouvement de déclin puis une résurgence suite à une prise de conscience des décideurs. La tendance est à installer l'informatique pour tous les élèves âgés de 5 ans et plus. Ce mouvement n'est pas sans poser de problèmes, en particulier en ce qui concerne la formation des enseignants. Pour cela des solutions sont recherchées en termes de mise en réseau nationale dans ce pays traditionnellement très décentralisé.

Bruillard, É. (2016). Quelle informatique à repenser et à construire pour les élèves de l'école primaire ? In F. Villemonteix, J. Béziat, & G.-L. Baron (eds.), *L'école primaire et les technologies informatisées. Des enseignants face aux TICE*. Lille : Presses Universitaires du Septentrion, à paraître. "preprint" disponible à l'adresse http://www.stef.ens-cachan.fr/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?CODE_FICHER=1413535530130&ID_FICHE=13286.

Ce texte réfléchit aux initiatives à prendre pour former à l'informatique dès l'école primaire. Il met l'accent sur le traitement humain de l'information avec des instruments informatisés, sur le rôle central du traitement d'écritures, sur l'instrumentation de nouvelles formes d'organisation de l'information et du travail et propose des pistes pour transmettre à tous une culture informatique.

Cerisier, J.-F., Rizza, C., Devauchelle, B., & Nguyen, A. (2008). Former des jeunes à l'usage des médias numériques : heurs et malheurs du brevet informatique et internet (B2i) en France. *Distances et Savoirs. Hors série*. Lavoisier : Paris. Consulté à l'adresse <http://www.distanceetdroiteducation.net/contents/DS2008-HS-Cerisier-Rizza2.pdf>.

Les apports des technologies de l'information et de la communication aux parcours individuels de formation tout au long de la vie supposent une acculturation numérique que seule l'école peut contribuer à construire de façon équitable. Cet article discute le rôle de l'Ecole au moyen d'une analyse du dispositif français X2i (B2i et C2i). (résumé de l'auteur)

Chervel, A. (1988). L'histoire des disciplines scolaires. Réflexions sur un domaine de recherche. *Histoire de l'éducation*, 38(1), 59-119. doi :10.3406/hedu.1988.1593.

Il s'agit d'une contribution désormais classique. Elle porte sur la question de la création, du développement et du déclin de disciplines scolaires. L'auteur, historien de l'éducation, explique notamment qu'une discipline ne peut être créée que lorsqu'il y a un consensus suffisant sur ses finalités et que ce processus peut prendre jusqu'à 50 ans.

Dagien, V., Dzemyda, G., & Sapagovas, M. (2006). Evolution of the cultural-based paradigm for informatics education in secondary schools-two decades of lithuanian experience. *Informatics Education-The Bridge between Using and Understanding Computers* (p. 1-12). Springer. Consulté à l'adresse <http://link.springer.com/chapter/10.1007/11915355>.

Cette contribution concerne la prise en compte de l'informatique dans l'éducation secondaire. Elle analyse spécifiquement le cas lithuanien. Dans ce pays, les premières expériences d'enseignement de l'informatique remontent au milieu des années 1980. Un rôle particulier a été dévolu à un groupe de chercheurs qui a élaboré un paradigme large, afin de pouvoir considérer les aspects économiques sociaux et culturels de l'informatique.

Duchâteau, C. (1992). *Peut-on définir une « culture informatique » ?* Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix. Consulté à l'adresse <https://pure.fundp.ac.be/portal/files/252837/peut-on-5-34.pdf>

Dans ce texte de 1992 l'auteur, pionnier de l'enseignement de l'informatique à des usagers (en particulier des enseignants), analyse ce qu'est pour lui la culture informatique, l'informatique étant pour lui le traitement de l'information par les humains utilisant les ordinateurs ou plus largement les objets informatisés, ce qui correspond à la fois à une technique, une technologie et un ensemble de techniques. Il s'agit de connaître des notions et des concepts-clés et de pouvoir utiliser de manière créatrice les outils logiciels qui se répandaient déjà à cette époque. Il promeut une démarche de questionnement et de mise en questions.

Duchâteau, C. (1994). Faut-il enseigner l'informatique à ses utilisateurs ? In *Québec, Communication au quatrième colloque francophone sur la didactique de l'informatique*. Consulté à l'adresse <https://pure.fundp.ac.be/ws/files/988521/54322.pdf>

L'objet de la présente communication est la problématique de la formation des utilisateurs de systèmes informatisés. L'auteur apporte quelques nuances aux concepts d'ordinateur, d'outil informatique et d'utilisateur. Ceci se fait en partie par la reprise d'affirmations et d'assertions bien connues, mais dont la répétition même a usé l'impact et la pertinence.

Furber, S. (2012). Shut down or restart ? The way forward for computing in UK schools. *The Royal Society, London*. Consulté à l'adresse http://royalsociety.org/uploadedFiles/Royal_Society_Content/education/policy/computing-in-schools/2012-01-12-Computing-in-Schools.pdf.

Ce rapport propose de distinguer ce qui relève dans l'enseignement de l'informatique en tant que science (computer science), de la littératie numérique (digital literacy) et des technologies de l'information. Il bannit l'expression TIC (ICT) porteuse de trop d'ambiguïtés. Il formule des recommandations pour l'enseignement de l'informatique à l'école.

Informatics Europe & ACM Europe Working Group. (2013). *Informatics education : Europe cannot afford to miss the boat* (Report of the joint Informatics Europe & ACM Working Group on Informatics Education). Consulté à l'adresse <http://germany.acm.org/upload/pdf/ACMandIEReport.pdf>.

Ce rapport est issu d'un groupe d'experts représentant les principales sociétés scientifiques informatiques en Europe

: Informatics Europe et ACM Europe. Fondé sur une analyse de la situation actuelle de l'enseignement de l'informatique, il propose des principes pour le développer, analyse la question de la formation des enseignants et présente des recommandations.

Institut de France. Académie des sciences. (2013). *L'enseignement de l'informatique en France. Il est urgent de ne plus attendre* (No. 66) (p. 34). Consulté à l'adresse http://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads_0513.pdf.

Ce rapport issu de l'Académie des sciences argumente sur la nécessité d'enseigner l'informatique en France dès les débuts de la scolarité obligatoire.

Nivat, M. (1985). Sur l'enseignement de l'informatique liée à des applications. *Revue de l'EPI (Enseignement Public et Informatique)*, 39, 51 54. Consulté à l'adresse https://www.epi.asso.fr/fic_pdf/b39p051.pdf.

Dans ce texte classique et prémonitoire, l'auteur analyse le mouvement conduisant l'informatique à « s'incarner » dans des instruments applicatifs divers, dotés de langages de description et de manipulation de données qui peuvent devenir des supports efficaces de son enseignement.

Sturman, L., & Sizmur, J. (2011). *International comparison of computing in schools*. NFER. Consulté à l'adresse <http://www.nfer.ac.uk/publications/cis101>.

Il s'agit d'une étude internationale de la NFER [4], commanditée par la Royal society du Royaume uni. Les pays concernés sont la Finlande, le Japon, les USA (Massachussets), le Canada (Ontario), Singapour.

LOGO et la robotique

Logo est un langage de programmation dont le promoteur principal a été l'Américain Seymour Papert. Ce langage est destiné à être utilisé par des enfants et reflète une vision constructiviste de l'apprentissage. Elaboré dès les années 1960, il a connu des heures de gloire dans les années 1980 : l'idée était de programmer un mobile (classiquement une tortue). Un peu plus tard, un mouvement pédagogique promouvant le pilotage de robots divers, s'inspirant généralement d'ailleurs de LOGO s'est développé, donnant lieu à des recherches.

Barreto, F., & Beniti, V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools : A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978 988. doi : <https://dx-doi-org.frodon.univ-paris5.fr/10.1016/j.compedu.2011.10.006>.

Ce texte fait le point sur la littérature scientifique sur l'utilisation de la robotique à l'école, afin d'identifier la contribution potentielle de ce type d'approche. Il présente une synthèse des résultats de la recherche empirique sur l'efficacité de la robotique et suggère de nouvelles pistes de recherche. Chaque article a été analysé en fonction des contenus, du type de robot, de la méthodologie utilisée, du type d'élèves concernés et des résultats présentés. Les articles suggèrent que la robotique pédagogique a en général un effet positif sur l'apprentissage, mais ce n'est pas toujours le cas.

Bers, M. U. (2010). The TangibleK Robotics Program : Applied Computational Thinking for Young Children. *Early Childhood Research & Practice*, 12 (2). Consulté à l'adresse <http://eric.ed.gov/?id=EJ910910>.

Marina Bers et ses collègues ont publié en 2013 les résultats de l'expérimentation (une recherche de conception - design based research) d'un curriculum de robotique pour l'école maternelle. Ce curriculum d'une durée de 20 heures, d'inspiration constructionniste a été mis en oeuvre dans trois écoles maternelles avec pour objectif d'analyser les trajectoires d'apprentissage des jeunes enfants dans le domaine de la programmation de robots. Il comprend 6 leçons aménageant l'accès à des concepts comme les boucles, ou les conditionnelles associées à l'état de capteurs. Les 3 enseignants étaient assistés par des chercheurs en assez grand nombre (20 en tout). Les résultats mettent notamment en évidence la capacité des enfants à déboguer. Ils montrent aussi une tendance à la diminution des scores au fur et à mesure que des notions plus complexes sont abordées et notent, de manière à première vue surprenante, que les enfants ne réussissaient pas toujours mieux avec les concepts simples.

Crahay, M. (1987). Logo, un environnement propice à la pensée procédurale. *Revue française de pédagogie*, 80(1), 37-56. doi :10.3406/rfp.1987.1473.

Cet article a pour but de faire le point sur les espoirs qu'on peut légitimement placer dans Logo. Il cherche en un premier temps à circonscrire quel est le « noyau dur/ » de la pensée de Papert, puis passe en revue une série d'études américaines où l'on a essayé d'évaluer les effets d'une pratique Logo sur l'aptitude à résoudre des problèmes. L'examen critique de cette littérature de recherche permet de dénoncer trois dérives (rationaliste, empiriste, libertaire) que peut subir Logo. Dans la dernière partie, on s'attache à montrer que l'environnement Logo repose sur le postulat que « penser c'est effectuer des procédures ». Cet axiome, profondément enraciné dans la culture occidentale, n'en soulève pas moins des questions et des objections que la recherche psychopédagogique devrait prendre sérieusement en considération.

Duchâteau, C. (1993). Robotique-Informatique : mêmes ébats, mêmes débats, mêmes combats. *Regards sur la robotique pédagogique-Actes du 4ème colloque sur la robotique pédagogique. Paris/Liège : INRP/Université de Liège* (p. 10-33). Consulté à l'adresse <http://webapps.fundp.ac.be/cefis/publications/charles/Robotique-5-39.pdf>.

Ce texte discute des liens entre la robotique et l'informatique, cette dernière étant entendue comme ce qui permet de **faire faire** quelque chose à une machine. Ces liens sont importants, la robotique et l'algorithmique ayant des points communs. Mais ce qui distingue les deux notions, c'est la dimension « temps réel » de la robotique. L'auteur soutient que la programmation de robots est une étape préliminaire de l'apprentissage de la programmation.

Gaudiello, I., & Zibetti, E. (2013). La robotique éducationnelle/ : état des lieux et perspectives. *Psychologie Française*, 58(1), 17-40. doi :<https://dx-doi-org.frodon.univ-paris5.fr/10.1016/j.psfr.2012.09.006..>

Cet article fournit un état de l'art critique sur la robotique éducative, ses origines et son positionnement au sein des technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE). Il analyse les finalités éducatives atteignables en fonction du statut et des modalités d'apprentissage spécifiques aux différents types de robot. Parmi eux, une attention particulière est accordée aux kits robotiques. L'accent est mis sur le potentiel pédagogique qu'ils offrent, notamment en termes de transfert de compétences, et sur les limites à dépasser pour relever le défi de leur intégration en milieu scolaire.

Greff, É. (1998). Le « jeu de l'enfant-robot/ » : une démarche et une réflexion en vue du développement de la pensée algorithmique chez les très jeunes enfants. *Revue Sciences et techniques éducatives*, 5(1), 47-61. Consulté à l'adresse <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00135850>.

Peut-on introduire une pensée algorithmique auprès des très jeunes enfants (4-6 ans) ? Peut-on, en tout cas, développer avec eux une série d'activités homogènes qui les aidera plus tard dans leur approche de l'informatique ? Le jeu de l'enfant-robot [...] dont les objectifs sont de faire découvrir, d'appréhender et d'intégrer des notions structurantes pour l'esprit. Elle n'a pas pour but l'apprentissage d'un langage informatique mais s'appuie cependant sur un langage de commande graphique simplifié. De plus, en étant tour à tour programmeur et programmé, concepteur et exécutant, l'élève s'imprègne peu à peu de notions difficiles et importantes. De manière plus large, il acquiert des compétences dans les domaines de la motricité, la latéralisation, la sémiologie de l'image, la communication, la rigueur, la résolution de problème, la représentation de parcours, le monde technologique...

Komis, V., & Misirli, A. (2012). Jeux programmables de type Logo à l'école maternelle. *Portique adjectif.net*. Text, . Consulté à l'adresse <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article140&lang=fr>.

Dans ce bref article on présente un travail en cours concernant les jeux programmables de type Logo à l'école maternelle. Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet européen Fibonacci et consiste entre autres à étudier l'apprentissage des concepts préliminaires en programmation dans le contexte des écoles maternelles à l'aide des outils de robotique et plus précisément des jouets programmables. On présente d'abord la problématique concernant l'introduction de la robotique pédagogique à l'école maternelle, ensuite on met l'accent sur la scénarisation pédagogique pour aborder les notions de programmation à la petite enfance et, enfin, on discute les premiers résultats de la recherche

Komis, V., & Misirli, A. (2011). Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle/ : une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif/ : Analyse de pratiques et enjeux didactiques. Actes du quatrième colloque international DIDAPRO 4 - Dida&Stic, 24-26 octobre 2011, Université de Patras*. (p. 271-281). Présenté à Sciences et tec Denis, B., & Hubert, S. (1999). Éducation par la technologie et robotique pédagogique. Université de Liège. Consulté à l'adresse <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676143/document>

[Ce travail explore] l'usage des jouets programmables de type Logo pour aborder quelques concepts préliminaires à la programmation dans le contexte de l'école maternelle. Il s'agit d'une étude de cas qui se déroule dans sept écoles maternelles dans le cadre du projet européen Fibonacci. Par une approche d'ingénierie didactique[,] une série de

scénarios éducatifs [ont été conçus et déployés] dans ces écoles maternelles avec les maîtresses de classes. Les enfants (de 4 à 6 ans) en équipe de quatre à sept utilisent un dispositif robotique (le jouet programmable Bee-Bot, les cartes à programmer le jouet et logiciel associé) dans un contexte d'initiation aux concepts de programmation de type Logo. Les premiers résultats montrent que des apprentissages des concepts préliminaires de programmation sont possibles s'ils s'inscrivent dans un contexte de scénarisation pédagogique adéquate.

Dayot, L., & Tanguy, R. (2005). Application de la robotique pédagogique au sein d'une association de vulgarisation scientifique. *Skholê, hors-série 2*, 33-45.

Est-il possible d'atteindre l'abstraction sans passer par une phase concrète/ ? Planète Sciences est une association qui a pour vocation la pratique d'activités scientifiques auprès des jeunes par la réalisation de projets. Le secteur robotique est une de ses composantes. La pratique de l'activité consiste dans la réalisation d'objet mobile capable de capter des informations, de les traiter et d'adapter le comportement du mobile. Cela nécessite la découverte de la mécanique, de la physique, de l'électronique, de l'informatique. Pour aborder l'ensemble de ces disciplines des outils spécifiques ont été développés/ : modules de commande, carte microcontrôleur, outils logiciel. Des actions sont menées en secteur scolaire pour des enfants à partir de 8 ans ou la mécanique est basée sur l'utilisation du carton de récupération et du pistolet à colle et des rudiments du langage LOGO. Ainsi que dans les séjours de vacances pour des jeunes à partir de 9 ans en particulier pour les plus grands au cours du séjour « Furobalex » où le projet consiste à faire un essai grandeur réelle du règlement de la coupe de robotique e=m6 avant sa publication.

Denis, B., Baron, G.-L., & Bruillard, E. (1996). Réguler les interventions des formateurs en robotique pédagogique. *Informatique et éducation/ : regards cognitifs, pédagogiques et sociaux* (Vol. pp. 31 46). Paris/ : INRP.

Si la mise en oeuvre d'une pédagogie constructiviste n'est pas chose aisée, l'évaluation de son impact sur les apprenants l'est encore moins. Dès lors, des stratégies et des outils d'évaluation doivent être développés afin de mettre en évidence les apports d'une telle pratique dans le processus d'enseignement-apprentissage. Qu'en est-il plus particulièrement au niveau des applications de la technologie de l'éducation et de ses rapports avec le constructivisme/ ? C'est dans ce contexte que cet article se propose de décrire une approche d'évaluation basée sur ce qui est nommé « le processus de régulation ». L'étude se déroule dans le contexte d'une activité de robotique pédagogique à l'école primaire et se réfère à une approche basée sur la philosophie LOGO.

Limbos, B. (1993). L'utilisation de représentations graphiques en robotique pédagogique. *Regards sur la robotique pédagogique-Actes du 4ème colloque international sur la robotique pédagogique*.

Dans une école primaire bruxelloise, l'animation de l'atelier robotique est assurée par des mamans-facilitatrices LOGO formées à la méthodologie propre au constructivisme interactionniste piagétien. Selon l'auteur, dans un contexte de résolution de problèmes, le développement de la pensée formelle pourrait être facilité par la construction d'une représentation graphique anticipatrice et structurante.

Vivet, M. (1983). LOGO/ : un environnement informatique pour la formation d'adultes. *Textes des contributions au 1er colloque LOGO* (p. 19 27). Présenté à Premier colloque LOGO, Clermont-Ferrand : IREM d'Orléans.

Il s'agit d'un article princeps proposant d'étendre l'approche LOGO à la formation professionnelle. L'auteur mettra ensuite cette approche en application en s'appuyant sur le jeu de construction Fisher-Technik.

Scratch

Scratch est un langage de programmation destiné à être utilisé par des enfants qui a connu une faveur grandissante dans la dernière décennie. Développé au MIT, il a fait l'objet d'une assez vaste série d'expérimentations.

Baron, G.-L., & Voulgre, E. (2015). Initier à la programmation des étudiants de master de sciences de l'éducation. In G.-L. Baron, E. Bruillard, & B. Drot-Delange (Éd.), *Informatique en éducation/ : perspectives curriculaires et didactiques* (p. 227-246). Clermont-Ferrand, France : Presses universitaires Blaise-Pascal.

Ce chapitre de livre relate une expérience d'initiation au langage SCRATCH d'étudiants de master en sciences de l'éducation. Il explique qu'il est tout à fait possible d'obtenir d'étudiants n'ayant pas reçu de formation scientifique des productions assez complexes.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada*. Consulté à l'adresse <http://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>.

Cet article analyse certaines des dimensions de la pensée informatique en relation avec l'utilisation du langage Scratch, tant en termes de concepts en jeu que de pratiques et de perspectives. Puis, il présente des approches permettant d'apprécier le développement de ces dimensions chez les apprenants/ : analyse de productions, entretiens en situation, utilisation de scénarios de conception.

Hill, C., Dwyer, H. A., Martinez, T., Harlow, D., & Franklin, D. (2015). Floors and Flexibility : Designing a Programming Environment for 4Th-6th Grade Classrooms. *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE '15* (p. 546-551). New York, NY, USA : ACM. Doi :10.1145/2676723.2677275.

Les développements récents en initiation précoce à l'informatique permettent de nombreux choix aux enseignants. Cependant, les outils disponibles adaptés à des enfants ont plutôt visé l'école maternelle, le collège et le lycée. Les enfants du cours moyen ont, pour leur part, des spécificités. Ce texte s'intéresse aux langages de programmation par blocs. Il analyse les apports de Scratch, ScratchJr, et Blockly pour les élèves et les enseignants. Il introduit le langage LaPlaya, qui a spécifiquement été conçu pour les enfants entre le cours élémentaire et le collège.

J. C. Olabe et al. (Christian Brothers University US). (2015). HelloScratchJr.org : Curricular Design and Assessment Tools to Foster the Integration of ScratchJr and Computational Thinking into K-2 Classrooms. *Proceedings of the 7th International Scratch Conference*. Présenté à Scratch2015AMS, Amsterdam : HelloScratchJr.org. Consulté à l'adresse http://helloscratchjr.org/href=index.php?option=com_content&view=article&id=77&catid=14&Itemid=272.

ScratchJr a été développé afin d'introduire la programmation dès l'école maternelle. Atteindre ce but suppose que soient créés des scénarios d'apprentissage et d'outils d'évaluation adaptés. Cet article présente un ensemble de critères, de guides de développement et de méthodes pour cela. Un site spécifique, HelloScratchJr.org a été créé pour diffuser les résultats.

Komis, V. (2015). Programmer à l'école maternelle : le cas du logiciel ScratchJr. Présenté à Colloque ETIC2, Gennevilliers. Consulté à l'adresse <http://colloque-etic.fr/media/pres/a3/1.pdf>.

Peut-on envisager un apprentissage de la programmation et plus généralement le développement de la pensée informatique dans le cadre de l'école maternelle/ ? Quelle est la place de l'environnement ScratchJr dans cette approche/ ? La communication fait le point sur les difficultés didactiques de cet environnement pour des jeunes enfants.

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*, 1-16. doi :10.1007/s10798-015-9325-0.

Dans cette contribution, les auteurs présentent le résultats d'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 oeuvre, avec une organisation en trois étapes, correspondant aux types de programmes réalisés : collages, histoires, jeux, utilisant trois types de blocs : débutants, intermédiaires, avancés. Les auteurs documentent la capacité des jeunes à programmer, en relevant l'importance prépondérante des blocs de mouvement.

Resnick, M., Kazakoff, E. R., Bonta, P., Silverman, B., Bers, M. U., & Flannery, L. P. (2013). Designing ScratchJr : Support for Early Childhood Learning Through Computer Programming (p. 10). New York, NY, USA. Consulté à l'adresse http://ase.tufts.edu/DevTech/publications/scratchjr_idc_2013.pdf.

ScratchJr est un langage de programmation graphique, fondé sur le langage Scratch, qui a été repensé afin de correspondre au développement cognitif, social et affectif des jeunes élèves dès l'école maternelle jusqu'au CE1. Le développement du langage ScratchJr répond aux besoins d'environnements appropriés pour enseigner la programmation aux jeunes élèves. ScratchJr permet aux jeunes utilisateurs de créer leurs propres histoires et jeux interactifs. La communauté de ScratchJr fournit également des matériaux curriculaires et des sources en ligne pour l'accompagnement des enseignants à l'utilisation du logiciel. Cet article décrit également les objectifs et les défis rencontrés au cours de la conception de ce nouveau outil.

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., et al. (2009). Scratch : programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67. Consulté à l'adresse <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1592761.1592779>.

Cet article constitue une présentation du langage de programmation Scratch. Les auteurs analysent les principes et les travaux précédents qu'ils ont pris en compte lorsqu'ils élaboraient ce langage de programmation. Ils mettent aussi l'accent sur le fait que l'apprentissage de la programmation favorise le développement de la pensée informatique. Enfin ils se réfèrent aux caractéristiques de ce nouveau langage de programmation.

Strawhacker, A., Lee, M., Caine, C., & Bers, M. (2015). ScratchJr Demo : A coding language for Kindergarden. Consulté à l'adresse <http://ase.tufts.edu/DevTech/publications/sjr-demo-idc2015.pdf>.

Cet article décrit le projet de recherche ScratchJr research project, une collaboration entre le groupe de recherche sur les technologies de développement de l'Université TUFT et la « Playful Invention Company ». En l'espace de cinq ans, des douzaines de prototypes de ScratchJr ont été conçus et étudiés avec plus de 300 élèves de début d'école primaire, des enseignants et des parents. Ce système de programmation permet à des enfants entre 5 et 7 ans d'explorer des concepts de programmation de création numérique dans un environnement sécurisé et ludique. L'article décrit le développement conduisant des premiers prototypes à la version actuelle. Il décrit aussi les ressources éducatives qui ont été développées autour de cet environnement.

Tort, F. (2014). Concours Castor informatique, un succès grandissant. *1024. Bulletin de la Société informatique de France*, 3, 75-84. Consulté à l'adresse <http://www.societe-informatique-de-france.fr/wp-content/uploads/2014/05/1024-3-castor.pdf>.

Françoise Tort présente dans cet article le concours Castor qui est coorganisé par le ENS Cachan, INRIA et l'association France IOI.

Touloupaki, S., & Baron, G.-L. (2015). De la programmation à l'école primaire ? Une approche exploratoire en cycle 2. Présenté à Colloque ETIC2, Gennevilliers. Consulté à l'adresse <http://colloque-etic.fr/media/pdf/24.pdf>.

Ce travail, qui s'inscrit dans le cadre du projet DALIE de l'Agence Nationale de la Recherche, vise à étudier les apports possibles du logiciel Scratch Junior à l'appropriation de la programmation. Dans ce contexte, nous avons réalisé une recherche dans une école primaire française. Nous avons conçu un scénario d'utilisation (six activités d'apprentissage, commençant par la familiarisation avec l'interface et se terminant à l'apprentissage des concepts-clés tels que la répétition et les messages) misant sur le développement de compétences de programmation par de jeunes élèves (CP, école maternelle). Le recueil de données s'est fondé sur les réponses des enfants à des entretiens semi-directifs avant et après l'application du scénario pédagogique, mais aussi sur les programmes développés dans ce cadre. Une analyse préliminaire des données nous a permis de constater qu'un environnement informatique comme ScratchJr, permet d'aborder des concepts de programmation comme les messages ou la boucle.

Wilson, A., & Moffat, D. C. (2010). Evaluating Scratch to introduce younger schoolchildren to programming. Consulté à l'adresse <http://scratched.media.mit.edu/sites/default/files/wilson-moffat-ppig2010-final.pdf>.

Le système Scratch vise à permettre à des novices de programmer aisément, afin de développer leur créativité. Ce texte relate une expérience menée avec des élèves de 8 ans pendant des cours d'informatique sur une période de 8 séances. Les chercheurs ont visé à enregistrer et à mesurer les progrès cognitifs des élèves et les effets affectifs éventuels de ces séances. Les élèves ont rapidement su écrire des programmes élémentaires et ont de manière évidente pris plaisir à le faire. Si les progrès cognitifs mesurés sont modestes, l'avantage principal de Scratch a principalement été qu'il a permis aux élèves d'apprendre à programmer d'une manière positive, à l'opposé de la frustration et de l'anxiété qui accompagnent souvent l'expérience traditionnelle d'apprentissage (adapté du résumé de l'auteur).

Pensée informatique

L'idée que l'informatique est porteuse d'une démarche de pensée spécifique est apparue dès le début des années 1970. Ses attributs, tels qu'on peut les trouver dans les textes de cette époque sont « algorithmique », « organisatrice » et « modélisante ». Des auteurs, comme M. Nivat, expliquent ainsi que l'informatique est en fait une très vieille science, qui d'ailleurs ne nécessite pas forcément d'ordinateur (on parle alors d'informatique « débranchée »). Les références qui suivent tentent d'illustrer les principaux points de vue qui se sont exprimés à ce sujet.

Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., & Grimley, M. (2009). Computer science unplugged : School students doing real computing without computers. *The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology*, 13(1), 20. 1.

Le projet d'informatique débranchée exposé dans cet article permet d'exposer aux élèves de l'enseignement scolaire des idées issues de l'informatique sans avoir à utiliser des ordinateurs. Il a été mené à l'Université de Canterbury et repose sur des activités ludiques et des concours permettant de montrer aux enfants le genre de raisonnement qu'on attend d'un informaticien. Ce projet a connu des extensions à l'international et un support de l'industrie. Il a été traduit en 12 langues. L'article présente des exemples via les développements et adaptations en Nouvelle Zélande et dans d'autres pays. Il analyse les raisons pour lesquelles cette approche est devenue populaire.

Dagien , V., & Futschek, G. (2008). Bebras International Contest on Informatics and Computer Literacy : Criteria for Good Tasks. In R. T. Mittermeir & M. M. SysBo (Éd.), *Informatics Education - Supporting Computational Thinking* (LNCS., Vol. 5090, p. 19-30). Berlin, Heidelberg : Springer. Consulté à l'adresse <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-3-540-69924-8>.

Le concours international BEBRAS (CASTOR) s'adresse initialement à tous les élèves de l'enseignement secondaire (il est, depuis, en cours d'extension à l'enseignement primaire). Ces derniers doivent résoudre des tâches de différents niveaux pendant un temps limité à 45 minutes. Les problèmes posés sont soit des tâches interactives soit des questions à choix multiple. Ils visent à être motivants et ludiques. Ce texte s'intéresse à la détermination de tâches correspondant à ces critères.

Denning, P. J. (2009). The profession of IT Beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52 (6), 28-30. Consulté à l'adresse <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1516054>.

Dans ce texte l'auteur critique la notion de pensée informatique. Il suggère que c'est une pratique clé de l'informatique mais qu'elle ne définit pas tout le champ.

Drot-Delange, B. (2013). Enseigner l'informatique débranchée : analyse didactique d'activités. Présenté à Colloque Actualité de la recherche en éducation et en formation, AREF 2013, Montpellier. Consulté à l'adresse <http://www.eref2013.univ-montp2.fr/cod6/?q=content/380-enseigner-linformatique-d%C3%A9branch%C3%A9e%C2%A0-analyse-didactique-dactivit%C3%A9s-0>.

L'enseignement de l'informatique en tant que science a repris place dans le système éducatif français sous une forme optionnelle pour les filières scientifiques en terminale au lycée. En marge des disciplines scolaires, des initiatives ont vu le jour pour diffuser cette culture scientifique et technique. L'enseignement de l'informatique sans ordinateur (dite informatique débranchée ou Computer Science Unplugged) en est un exemple. Véritable communauté internationale, fondée par Tim Bell et ses collègues, le mouvement Unplugged est de plus en plus populaire. Il s'agit d'initier aux concepts et méthodes de l'informatique, sous une forme attractive et ludique. L'objectif de cette communication est de nous interroger sur les apports de la mise en oeuvre dans les classes de ces activités à l'apprentissage de l'informatique, et plus particulièrement sur l'apprentissage de la représentation binaire de l'information. (résumé de l'auteur)

Komis, V. (1994). Discours et représentations des enfants autour des mots informatique et ordinateur. *Revue de l'EPI (Enseignement Public et Informatique)*, (73), 75 86. Consulté à l'adresse <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001126>.

Les travaux en pédagogie et en psychologie cognitive dessinent un consensus nouveau sur la nature de l'apprenant et de ses activités. Selon J.-M. Albertini (1990), l'apprenant se construit à partir de ses observations et de son expérience une « vision individuelle du monde », un dispositif de représentations à partir duquel il s'approprie progressivement des connaissances, il fait l'apprentissage de son propre savoir. Cela rend plus complexes les problèmes pédagogiques à résoudre. Car l'apprenant ne doit pas simplement accéder à de nouvelles connaissances, il doit également les intégrer dans son système spontané, naïf, jugé probablement « erroné » par l'expert. En ce sens, la représentation que nous avons du monde ne constitue qu'une vision incomplète et partielle de la réalité. En même temps, l'apprenant ne construit pas simplement son savoir mais détermine aussi son propre processus d'apprentissage. Et ce n'est que lorsqu'une connaissance revêt un sens pour lui, qu'elle est appropriée, qu'il peut faire évoluer son système de représentations. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre recherche des représentations des enfants sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Mannila, L., Dagiene, V., Demo, B., Grgurina, N., Mirolo, C., Rolandsson, L., & Settle, A. (2014). Computational Thinking in K-9 Education. *Proceedings of the Working Group Reports of the 2014 on Innovation ; Technology in Computer Science Education Conference, ITiCSE-WGR '14* (p. 1-29). New York, NY, USA : ACM. Doi :10.1145/2713609.2713610.

Ce rapport considère l'introduction de l'informatique en éducation aux premiers niveaux de la scolarité dans plusieurs pays. Il s'intéresse spécifiquement à la pensée informatique. Il vise à permettre aux personnes engagées dans la

formation des enseignants et les décideurs, à prendre des décisions informées relativement à quand et comment l'informatique peut être incluse dans les établissements d'enseignement. Le rapport discute aussi de ce qui relève de l'éducation informelle. Des exemples sont donnés d'activités et de plans de leçons. L'article se conclut sur des pistes de recherche.

Nivat, M. (2011). Une très vieille science, l'informatique (p. 33-47). Présenté à Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif/ : Analyse de pratiques et enjeux didactiques., Athènes/ : New Technologies Editions. Consulté à l'adresse <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676195/document>

Cette contribution au colloque Didapro 4 propose une analyse historique très originale, montrant que les humains utilisent des algorithmes depuis bien longtemps (l'auteur analyse ainsi la fabrication d'outils en silex au néolithique). Il aborde la question de l'information, de l'algorithmique et de la programmation, et plaide pour une formation de tous à la « démarche informatique »

Tort, F., Kummer-Hannoun, P., & Beauné, A. (2013). Engagement et motivations des enseignants du secondaire pour la passation d'un concours d'informatique. In Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif/ : Objets et méthodes d'enseignement et d'apprentissage, de la maternelle à l'université. Université Blaise Pascal Clermont Ferrand. Consulté à l'adresse <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00875655>

Depuis peu, la question de l'introduction d'un enseignement d'informatique au secondaire est mise en débat en France et dans d'autres pays européens. Le concours Castor, ouvert aux collégiens et lycéens, propose des contenus en informatique inscrits essentiellement dans une vision algorithmique. Créé en 2011 en France, il a connu un certain succès. Il nous donne l'occasion d'une première exploration des motivations des enseignants qui se sont engagés dans ce projet, dans la perspective d'une réflexion curriculaire sur l'enseignement d'informatique pour le niveau secondaire.

Tort, F. (2011). Le concours Castor/ : un outil de promotion de l'enseignement d'informatique. Présenté à Colloque didapro 4. Consulté à l'adresse <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676134>.

À l'occasion de la création de la première édition française du concours Castor en informatique, nous en présentons les objectifs, principes et modalités. Nous montrons en quoi ce concours peut être un support à une réflexion sur ce qu'est « la pensée informatique », et comment formaliser son « introduction » dans le cadre scolaire français. (résumé de l'auteur)

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Commun. ACM*, 49(3), 33-35. doi :10.1145/1118178.1118215

Dans ce numéro du journal *Communication of the ACM*, datant de 2006, Jeannette M. Wing présente son point de vue à propos de la pensée informatique. Selon elle, cette dernière, encore trop réservée aux scientifiques, a un intérêt particulier, car elle permet le développement d'une pensée analytique et devrait donc être enseignée aux jeunes enfants. L'auteure apporte un cadre de définition de cette pensée en critiquant notamment sa réduction à l'apprentissage de la programmation.

Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A : Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725. doi :10.1098/rsta.2008.0118

Dans ce texte, l'auteur tente de cerner ce qu'est la pensée informatique. Elle indique que ce type de pensée, liée directement à l'informatique a comme caractéristique la conceptualisation, pas la programmation, des savoirs faire fondamentaux et non pas du « par coeur ». Elle montre aussi que ce type de pensée 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... Elle insiste sur le fait que ce type de pensée est pour tout le monde et pas pour quelques-uns.

Post-scriptum :



Article version PDF

[1] Sorbonne Paris Cité, Université Paris Descartes, Laboratoire EDA.

[2] Université Blaise-Pascal de Clermont-Ferrand, Laboratoire ACTE.

[3] Sorbonne Paris Cité, Université Paris Descartes, Laboratoire EDA.

[4] National Foundation for Educational Research