

Enseigner la pensée informatique à l'école primaire : formation initiale et continue des professeurs

Yannick Parmentier^{1,2}

¹ Université de Lorraine, CNRS, ESPE de Lorraine, LORIA, UMR 7503
Campus Scientifique 54506 Vandœuvre-Lès-Nancy, France

² Université d'Orléans, LIFO, Maison pour la Science en Centre Val-de-Loire
5, rue du Carbone 45100 Orléans, France
yannick.parmentier@univ-lorraine.fr

Résumé Cet article présente un retour d'expérience sur (i) la formation continue de professeurs des écoles à la pensée informatique, menée au sein de la Maison pour la Science en Centre Val-de-Loire depuis 2015, et (ii) la formation initiale de futurs candidats au Concours de Recrutement de Professeurs des Ecoles depuis la rentrée 2017 au sein de l'ESPE de Lorraine.

Mots clés : Pensée informatique, culture numérique, informatique débranchée, formation, école primaire.

Abstract This paper gives some feedback about (i) lifelong training to computational thinking for school teachers realised at the *Maison pour la Science en Centre Val-de-Loire* since 2015, and (ii) initial training for future primary school teachers being realised at the *ESPE de Lorraine*.

Keywords: Computational thinking, digital culture, computer science unplugged, training, primary school.

1 Enseignement de l'informatique en France

Depuis quelques années, l'informatique fait un retour dans les programmes de l'Education Nationale en France.³ Cela s'est d'abord traduit par l'ouverture à la rentrée 2012 d'une nouvelle spécialité "Informatique et Sciences du Numérique" (ISN) pour les élèves de terminales scientifiques, puis plus récemment (en 2015) par la publication de nouveaux programmes donnant une part relativement importante à la notion d'algorithme que cela soit dans l'enseignement primaire comme secondaire [11,12].

Il convient de noter que c'est dans un contexte de relativement forts changements politiques (trois courants politiques différents au pouvoir successivement

3. L'informatique avait fait une première apparition dans les programmes dans les années 80 avec le plan "informatique pour tous" [9].

depuis 2007) que l’informatique se positionne dans le système éducatif français. Ajouté à la relative instabilité habituelle des programmes, cette réapparition de l’informatique apporte bon nombre d’interrogations de la part du corps enseignant, notamment par rapport au manque de formation. En effet, l’informatique n’apparaissant pas comme discipline à part entière, elle est prise en charge par des enseignants de formation initiale variée (à noter que, dans le cas des professeurs des écoles, près des deux-tiers des candidats proviennent de filières en sciences humaines et sociales [10]).

Les rectorats ont, dans un premier temps, pris en charge la formation continue des futurs enseignants d’informatique avec des modalités variables (formation à distance ou en présentiel, formation certifiante ou non, etc.) [16], les formations initiales apparaissent depuis peu pour accompagner les dispositifs existants. De nombreuses initiatives de partage de ressources et d’expérience ont par ailleurs vu le jour (dont cet atelier).

Dans ce qui suit nous présentons deux formations à destination de professeurs ou futurs professeurs des écoles, l’une dispensée dans le cadre de formations de la Maison pour la Science⁴, l’autre dans le cadre d’une Unité d’Enseignement (UE) du Master Métiers de l’Enseignement, de l’Education et de la Formation (MEEF), mention 1er degré. Dans un premier temps, nous reviendrons (Section 2) sur les questions levées par la formation de non spécialistes, puis nous présenterons brièvement les activités utilisées (activités dites débranchées, Section 3), nous donnerons enfin (Section 4) quelques informations sur les premiers retours observables, et terminerons (Section 5) par une conclusion récapitulant les travaux menés et projets futurs autour de la formation des enseignants.

2 Former des non spécialistes à la pensée informatique

L’informatique est une discipline particulière par le fait qu’elle parle à tout un chacun (tout le monde a une définition propre de cette discipline et une image associée), elle est ainsi très tributaire de préjugés sociétaux.⁵ Il nous semble important de prendre cet aspect en compte pour pouvoir mieux communiquer avec les personnes formées.

Un discours très courant (à tous les niveaux du système éducatif) consiste à considérer l’informatique comme un outil, dont la prise en main se ferait de manière plus ou moins autodidacte. Or, comme le mentionnent [17], « Sans être encore identifiée comme une discipline à part entière, l’informatique n’est plus cantonnée aux seuls usages d’outils numériques – tel que cela était pratiqué depuis 3 décennies à travers l’approche des TICE – et se voit désormais considérée comme un ensemble de concepts et méthodes propres. »⁶ Arriver à faire passer ce message est un point important de la formation des futurs enseignants.

4. Réseau créé en 2012 à l’initiative de l’Académie des Sciences, afin d’aider au développement professionnel des enseignants. <http://www.maisons-pour-la-science.org/>

5. Ces préjugés incluent la place de la femme dans l’informatique [5].

6. Cette vision de l’informatique en tant que discipline spécifique a par ailleurs été promue dans d’autres contextes, voir par exemple [18].

Comment y parvenir? Pour cela, nous proposons de bâtir une formation autour des quatre aspects suivants :

1. montrer que l'informatique a sa place dans les programmes et plus généralement dans la formation du (futur) citoyen,
2. montrer que l'informatique n'est pas qu'un outil,
3. montrer que l'informatique n'est pas réservé à une « élite »,
4. montrer que l'informatique ne nécessite pas de moyens excessifs (par rapport aux autres disciplines et aux moyens à disposition dans les écoles).

Commençons par le point 1. Les motivations à l'apprentissage de l'informatique à l'école sont multiples, on peut citer la place grandissante que prend l'informatique dans la vie des citoyens (objets connectés, services publics et privés en ligne, etc.). De nombreux rapports (voir par exemple [13]) vont dans ce sens. Dans la pratique, une discussion avec les (futurs) enseignants permet d'aboutir relativement rapidement à un accord sur le fait qu'on ne peut plus se passer de connaissances en informatique pour évoluer dans le monde actuel (et a fortiori dans le monde futur).

À l'issue de cette discussion introductive permettant d'entrevoir l'informatique comme une discipline dont les bases devraient être connues de tous, se pose la question « qu'est ce que l'informatique? » ou encore « quels concepts de la pensée informatique enseigner? ».

Plusieurs définitions de ces concepts ont été proposées, comme par exemple [8] à l'origine de la spécialité ISN et plus récemment [7] qui présente une structuration historique relativement exhaustive des concepts de la pensée informatique. Sans entrer ici dans le détail d'un programme de formation concret qui permettrait d'associer des concepts de la pensée informatique (avec leurs connaissances et compétences associées) à différents publics, nous proposons une structuration générale, convenant à notre public cible (professeurs d'école) et à nos contraintes de temps (formations courtes allant de 2 heures à 2 jours). Cette structuration s'articule autour de trois axes, qui illustrent des caractéristiques à notre sens importantes, de la pensée informatique (en gardant à l'esprit le lien étroit entre science informatique et fondements des ordinateurs) :

- A l'informatique comme une *science des algorithmes* (ou comment l'Homme a, au travers des âges, inventé une machine à calculer, étendue ensuite à une machine à traiter l'information, pour se diriger vers une machine à imiter l'être humain),
- B l'informatique comme une *science de la numérisation* (ou comment représenter de manière binaire l'information du monde qui nous entoure),
- C l'informatique comme une *science de la communication* (ou comment permettre à l'information d'atteindre de nombreux individus inter-connectés).

Cette structuration a aussi pour but de convaincre les personnes formées, du point 2 ci-dessus (l'informatique est une science à part entière).⁷

7. Dans nos formations, nous notons par ailleurs l'usage de l'expression *Computer Science* pour référer à l'informatique dans la culture anglo-saxonne.

Concernant les deux derniers points (3 et 4), à savoir « l'informatique est-elle accessible (en termes de pré-requis ou de compétences personnelles comme en termes de moyens financiers) ? », nous proposons de recourir à des activités dites débranchées initialement conçues par des chercheurs néo-zélandais [4] et activement réutilisées dans de nombreux pays [3].

3 L'informatique débranchée

Ici nous détaillons quatre activités débranchées illustrant les formations (initiales et continues) dispensées en les rattachant aux trois axes A, B et C définis ci-dessus. La différence entre formation initiale et continue à la pensée informatique dans notre cas, s'observe principalement dans la posture des personnes formées. Nous reviendrons sur ce point en Section 4.

3.1 Appréhender l'algorithmique

Le premier axe (A) consiste à présenter en quoi l'informatique est une science du calcul et par extension du traitement de l'information⁸. Pour ce faire, nous commençons par une activité introductive permettant d'aborder plusieurs notions inhérentes à l'algorithmique (par exemple celles de correction ou encore d'efficacité d'un algorithme), tout en permettant une grande interactivité : *le réseau de tri* [4, p. 80-86].

Cette activité permet d'exécuter physiquement un algorithme de tri optimisé (avec un matériel restreint, ici de la rubalise, voir Fig. 1), et de mettre en œuvre une métaphore de l'ordinateur : les participants à la formation sont sollicités pour jouer les données d'entrée à trier, le réseau représente à la fois une architecture multi-cœurs (permettant d'effectuer des calculs en parallèle) et un programme (implantation d'un algorithme) de tri des données. Cette activité ouvre sur une discussion permettant d'aborder la notion d'évaluation d'un algorithme via des questions telles que :

- peut-on trouver un jeu de données qui ne puisse pas être trié par cet algorithme ?
- que faut-il modifier sur le réseau de tri pour trier un plus grand nombre de données ?
- y a-t-il un lien entre largeur et longueur du réseau (ou, autrement dit, entre temps de calcul et taille des données d'entrée) ?

Cette activité ouvre la voie à une seconde activité autour de l'algorithmique : *le tri* au moyen de balances de roberval. L'idée de cette activité (voir aussi [2]) est d'aider les participants à consolider leur représentation d'un algorithme. Pour cela, nous les faisons travailler par groupes de quatre, chacun recevant une balance de roberval (jouant le rôle d'un processeur équipé d'une opération binaire

8. Lors de l'introduction de cette activité, nous insistons sur le fait qu'utiliser des chiffres pour représenter d'autres types d'information via un processus d'abstraction et d'interprétation est au cœur de l'informatique



FIGURE 1: Réseau de tri

de comparaison d'objets en terme de masse) et d'une série d'objets visuellement identiques mais de masse différente (voir Fig. 2). Chaque groupe a pour consigne de concevoir un processus permettant d'ordonner les objets par masse croissante, de l'écrire sur papier afin qu'une phase d'échange permette finalement aux différents groupes de tester les procédés (algorithmes) de leurs collègues.



FIGURE 2: Cadre expérimental pour les algorithmes de tri

Cette activité est l'occasion d'expliciter le lien entre algorithme et langage. En effet, même si tous les groupes parviennent à trouver la solution (c'est-à-dire produire des séries d'objets rangés par ordre croissant de masse), il est plus compliqué pour eux de parvenir à faire reproduire leur résultat. À noter que la variété des représentations algorithmiques proposées (voir Fig. 3) permet une mise en commun porteuse de réflexion, notamment sur les aspects suivants :

- multiplicité des réponses (plusieurs algorithmes peuvent produire le même résultat),
- intérêt de pouvoir comparer ces réponses, émettre des hypothèses quant à leur efficacité,

- intérêt de disposer d'un langage non ambigu et commun (comment définir un tel langage en partant de la langue française, d'une représentation graphique ou encore d'une représentation algébrique?).

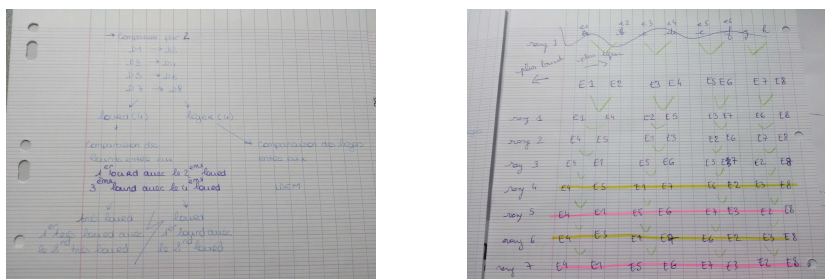


FIGURE 3: Productions (algorithmes de tri) de futurs professeurs des écoles

3.2 Appréhender la représentation de l'information

Une troisième activité a trait à la représentation de l'information sous forme de données binaires (axe B). Après une introduction au calcul en base 2, et à la représentation de caractères au moyen de la table ASCII associant à chaque lettre un nombre, les participants sont impliqués dans une activité de codage de l'information. Il s'agit pour eux de produire une version textuelle d'une image. Plus précisément, ils travaillent en groupes de quatre, chaque groupe reçoit une image *simple* différente (voir par exemple Fig. 4a).

À partir de celle-ci, les participants doivent définir un procédé de description de l'image sous forme de suites de caractères (pas forcément composées uniquement de 0 ou de 1 dans un premier temps). Ils inscrivent sur une feuille (i) une définition de leur procédé (que l'on appellera spécification du format de l'image), et (ii) l'image encodée avec ce procédé (voir Fig. 4b). Enfin, ils transmettent leur procédé et leur image au groupe voisin, charge à celui-ci de produire l'image d'origine sur un écran papier (cadriage, voir Fig. 4c).

Cette activité permet aux participants d'appréhender des aspects importants de la représentation de l'information (ici d'une image) :

- une information peut être représentée sous formes de caractères (et a fortiori de 0 et de 1 en associant chaque caractère à un nombre),
- il existe différents modes de représentation, qui diffèrent notamment par le nombre de caractères utilisés (la taille d'une même image peut donc varier d'un format à l'autre),
- une image peut être non lisible si la spécification du format utilisé n'est pas disponible (cf notion de format ouvert ou fermé).

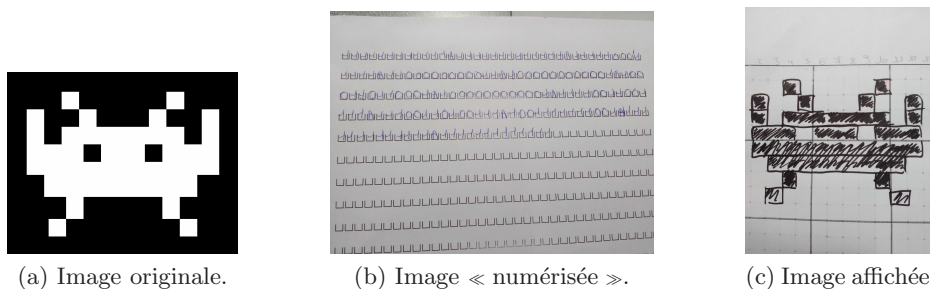


FIGURE 4: Représentation de l'information

3.3 Appréhender la notion de machines communicantes

Une quatrième activité concerne la communication entre machines (axe C). Il s'agit ici de faire jouer les participants au jeu de l'orange. Chaque participant reçoit une lettre et deux balles (les fameuses oranges, cf Fig. 5) sur chacune desquelles est indiquée une lettre différente de la sienne. Les participants sont reliés entre eux (par exemple en un cercle), et chacun ne peut communiquer qu'avec ses voisins directs (de gauche et de droite). Une balle est retirée du groupe, et ensuite ils doivent se passer les balles une par une pour arriver à ce que chacun retrouve la ou les deux balles correspondant à sa lettre [4, p. 93-96].

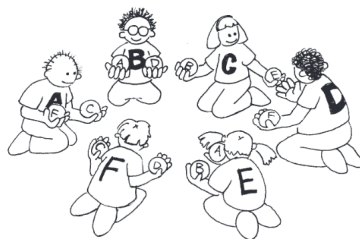


FIGURE 5: Cadre expérimental du jeu de l'orange (image issue de [4])

Cette activité permet d'appréhender le fonctionnement des réseaux informatiques, notamment le besoin de coopération entre ordinateurs et le lien entre topographie du réseau et efficacité de la diffusion de l'information (cf congestion, blocage, etc.).

4 Premiers retours

Nous revenons à présent sur les deux types de public formés à l'informatique débranchée, à savoir (i) enseignants en poste inscrits à une action de

développement professionnel dispensée par la Maison pour la Science, et (ii) futurs candidats au Concours de Recrutement de Professeur des Écoles inscrits en Master MEEF mention 1er degré dispensé par l'ESPE de Lorraine.

4.1 Formation continue

Pour les actions de formation continue menées à la Maison pour la Science, chaque participant se voit adressé un lien vers un questionnaire anonyme à l'issue de l'action (pour des actions allant d'une demi-journée à 2 jours). Sur 145 participants à des actions de formation sur le thème de l'informatique débranchée entre 2015 et 2017, 52 participants ont répondu au formulaire, et nous pouvons noter les points suivants :

- 84 % des répondants ont déclaré que « l'action leur a apporté ce qu'ils attendaient »,
- 90 % des répondants ont déclaré que « l'action a été motivante pour enseigner les sciences »,
- 96 % des répondants ont déclaré que « l'action leur a permis d'acquérir de nouvelles connaissances en relation avec le thème scientifique abordé »,
- 84 % des répondants ont déclaré que « l'action leur a permis d'acquérir de nouvelles compétences en lien avec l'enseignement des sciences »,
- 80 % des répondants ont déclaré qu'« ils envisagent d'utiliser en classe ce qu'ils ont appris lors de l'action ».

Les participants interrogés peuvent aussi donner des points positifs ou négatifs de la formation. On peut noter comme principaux points positifs la mise en situation et le travail en petits groupes, et comme principal point négatif le manque de temps pour travailler la mise en forme devant les élèves.

Bien que les retours soient positifs (notamment en terme d'utilité de la formation), nous n'avons pas de mesure concrète de l'impact de ces formations dans les pratiques des enseignants. Nous réfléchissons à des moyens permettant de mesurer cet impact (par exemple via l'envoi de questionnaires spécifiques, ou encore via l'organisation de sessions de mutualisation qui impliqueraient des enseignants formés à la pensée informatique et qui souhaiteraient partager leur expérience).

4.2 Formation initiale

Pour les activités menées auprès de futurs enseignants, celles-ci ont été menées dans le cadre d'une UE de second semestre, regroupant deux thèmes : (i) les usages du numérique dans l'apprentissage et (ii) le numérique comme objet d'apprentissage. La formation à l'informatique débranchée a duré 2 heures et concerné 7 groupes d'une vingtaine d'étudiants. Au cours de cette UE, les étudiants doivent concevoir une séance pédagogique utilisant (ou enseignant) la science numérique. Au moment de la rédaction de cet article, la plupart des étudiants semblent se diriger vers un usage du numérique en soutien à l'apprentissage des mathématiques, de l'histoire ou de la géographie (notamment au moyen d'outils collaboratifs ou interactifs). Après discussion avec les élèves,

ce premier retour semble témoigner d'une crainte de ne pas arriver à construire une séance d'apprentissage pertinente sur le thème de la pensée informatique. Ce frein psychologique est confirmé par [6], qui a notamment montré (par questionnaire) qu'avant la formation à l'informatique débranchée, 55 % des sondés « se trouvaient incompetents » (ce chiffre tombe à 0 % après la formation). Ici la formation étant très courte, on peut aisément comprendre cette crainte.

Il convient par ailleurs de noter que la principale différence entre ces deux formations (initiale et continue) concerne la posture des participants. En effet les enseignants en poste ont une vision relativement claire de l'intérêt pratique d'une telle formation.

5 Conclusion

Cet article a présenté un premier retour d'expérience sur l'introduction à la pensée informatique dans la formation de professeurs des écoles. Ce travail préliminaire permet d'attester d'un premier contact positif entre un public non spécialiste et la science informatique. Dans un futur proche, il serait intéressant de voir si ce public peut passer à des activités branchées (i.e. sur machine).

Ce travail pose également la question de l'évaluation de l'impact de telles activités de formation à la pensée informatique. Cette évaluation requiert des protocoles et des métriques associées encore partiellement inconnus. Cette question de l'évaluation est apparue dès les premiers travaux sur l'enseignement de l'informatique à l'école [14], sans cependant parvenir à un consensus. On peut citer plus récemment les travaux de [15], qui ont appliqué la taxonomie de Bloom [1] à une évaluation en pensée informatique. Ces travaux, bien qu'ayant concerné un public d'enfants, ont mis en évidence une capacité à retenir ce qui a été appris et à acquérir de nouvelles connaissances en lien avec la pensée informatique.

Enfin, dans un but de formation à l'informatique de publics non spécialistes, ils nous semble important de rappeler le frein psychologique correspondant au soi disant manque de compétences. Dans ce contexte, des activités débranchées peuvent aider à donner confiance et à développer une culture numérique.

Remerciements

Les travaux présentés ici sont le résultat d'une collaboration étroite avec François Barillon, Florent Becker, Allain-Gérald Faux et Philippe Huet de la Maison pour la Science en Centre Val-de-Loire.

Références

1. Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. (eds.) : A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York : Allyn & Bacon. ISBN : 978-0801319037 (2001).
2. Barillon F. : l'informatique sans ordinateur. Mémoire de l'UE 42A, Master MEEF mention Pratiques et Ingénierie de la Formation, ESPE Centre Val de Loire (2017).

3. Bell T., Newton H. : Unplugging Computer Science. In *Improving Computer Science Education*, D. M. Kadijevich, C. Angeli, C. Schulte (eds), pp. 66-81, New York, Routledge (2013).
4. Bell T., Witten I. H., Fellows M. : Computer Science Unplugged – An enrichment and extension programme for primary-aged students, 3rd edition, <https://www.csunplugged.org> (2015).
5. Collet I. : Effet de genre, le paradoxe des études d’informatique. TIC & Société, 5(1) Retrieved from <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:18794> (2011).
6. Delarbre P. : Initiation à la programmation à l’école primaire : les activités « débranchées ». Mémoire de CAFIPEMF, Rectorat de l’Académie de Lyon (2017).
7. Delmas-Rigoutsos Y. : Proposition de structuration historique des concepts de la pensée informatique fondamentale. De 0 à 1 ou l’heure de l’informatique à l’école, actes Didapro 7, <http://www.peterlang.com/view/9783034333252/chapter-004.xhtml> (2017).
8. Dowek G. : Les quatre concepts de l’informatique. Sciences et technologies de l’information et de la communication en milieu éducatif : Analyse de pratiques et enjeux didactiques, actes Didapro 4, Université de Patras. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676169/fr/> (2011).
9. Fabius L. : Le Plan « Informatique Pour Tous ». Résumé publié dans le bulletin de l’EPI (association Enseignement Public & Informatique), Vol. 37, <https://www.epi.asso.fr/revue/37/b37p023.htm>, consulté le 27 mars 2018 (1985).
10. Michaut C., Lang V. : Évaluation des profils des candidats au professorat des écoles et facteurs de réussite aux tests d’entrée à l’IUFM. Reims, France. pp.1-11, <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00174316> (2005).
11. Ministère de l’éducation nationale de l’ens. sup. et de la recherche, Socle commun de connaissances, de compétences et de culture, Bull. off. éducation nationale, décret n° 2015-372 du 31/03/2015, France (2015).
12. Ministère de l’éducation nationale de l’ens. sup. et de la recherche, Programmes d’enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4), Bull. off. éducation nationale, bulletin officiel spécial n° 10 du 19/11/2015, France (2015).
13. Office parlementaire d’évaluation des choix scientifiques et technologiques, « Sécurité numérique et risques : enjeux et chances pour les entreprises »(2015).
14. Papert S. : An Evaluative Study of Modern Technology in Education, MIT Artificial Intelligence Laboratory, Memo No. 371 (1976).
15. Rodriguez B., Kennicutt S., Rader C., and Camp T. : Assessing Computational Thinking in CS Unplugged Activities. In Proceedings of the 2017 ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE ’17). New York, USA, pp. 501-506 (2017).
16. Société Informatique de France (SIF), Rapport sur la formation des enseignants d’ISN, 16 pages, <https://www.societe-informatique-de-france.fr/2013/06/rapport-sif-isn/>, consulté le 27 mars 2018 (2013).
17. Wilgenbus D., Hirtzig M., Calmet C. : 1, 2, 3... codez ! enseigner l’informatique à l’école et au collège - cycles 1, 2 et 3, Editions Le Pommier, ISBN 978-2-7465-1106-4, 358 pages (2016).
18. Wing, J.M. : Computational thinking. Communications of the ACM - Self managed systems, Volume 49 Issue 3, Pages 33-35 (2006).