



PIAF : développer la Pensée Informatique et Algorithmique dans l'enseignement Fondamental

Gilbert Busana, Brigitte Denis, Marie Duflot-Kremer, Sarah Higuët, Lara Kataja, Yves Kreis, Christophe Laduron, Christian Meyers, Yannick Parmentier, Robert Reuter, et al.

► To cite this version:

Gilbert Busana, Brigitte Denis, Marie Duflot-Kremer, Sarah Higuët, Lara Kataja, et al.. PIAF : développer la Pensée Informatique et Algorithmique dans l'enseignement Fondamental. 2019. hal-02424418v2

HAL Id: hal-02424418

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02424418v2>

Preprint submitted on 10 Jan 2020

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike| 4.0 International License

PIAF : développer la Pensée Informatique et Algorithmique dans l'enseignement Fondamental [★]

Gilbert Busana¹, Brigitte Denis², Marie Duflot-Kremer³, Sarah Higuët²,
Lara Kataja⁴, Yves Kreis¹, Christophe Laduron², Christian Meyers¹,
Yannick Parmentier^{3,5,6}, Robert Reuter¹, and Armin Weinberger⁴

¹ Applied Educational Sciences research institute, Université du Luxembourg, Maison des Sciences Humaines - 11, Porte des Sciences, L-4366 Esch-sur-Alzette, Luxembourg
{gilbert.busana, yves.kreis, christian.meyers, robert.reuter}@uni.lu

² CRIFA, Université de Liège, Place des Orateurs, 2 Quartier Agora (Bâtiment B32)
B-4000 Liège, Belgique

{b.denis, sarah.higuët, christophe.laduron}@uliege.be

³ LORIA, Université de Lorraine, Campus Scientifique, BP 239,
F-54506 Vandoeuvre-Lès-Nancy, France

{marie.duflot-kremer, yannick.parmentier}@loria.fr

⁴ Department of Educational Technology, Saarland University, Campus C5 4,
D-66123 Saarbrücken, Allemagne

{a.weinberger, l.kataja}@edutech.uni-saarland.de

⁵ LIFO, Université d'Orléans, 6, Rue Léonard de Vinci, BP 6759,
F-45067 Orléans Cedex, France

⁶ INSPE de Lorraine, Université de Lorraine, 5 rue Paul Richard,
F-54320 Maxéville, France

Résumé Dans cet article, nous présentons les objectifs et premières réalisations du projet PIAF soutenu par l'Union Européenne et visant à développer l'apprentissage de la pensée informatique et algorithmique dans l'enseignement fondamental. Ce projet rassemble des chercheur·e·s en sciences de l'éducation et en informatique, provenant de quatre pays (Allemagne, Belgique, France et Luxembourg), autour du thème de la formation des enseignant·e·s. Plus concrètement, il s'agit de définir un cadre (référentiel de compétences, scénarios pédagogiques) permettant aux enseignant·e·s de (i) s'approprier le concept de pensée informatique et algorithmique et de (ii) mettre en œuvre des activités d'apprentissage favorisant le développement de cette pensée chez l'enfant.

Mots clés : pensée informatique · algorithmique · enseignement fondamental · école primaire · compétences · scénario pédagogique.

1 Introduction

Les outils numériques prennent une place de plus en plus grande dans notre quotidien, que cela soit pour nos achats, nos démarches administratives, dans un cadre professionnel, ou encore pour nous déplacer ou planifier nos activités.

★. Projet financé par l'Union Européenne dans le cadre du programme Erasmus+.

Une certaine maîtrise de ces outils devient nécessaire à tout citoyen. Fort de ce constat, la France, à l’instar d’autres pays, a donné une place relativement importante à l’acquisition de compétences numériques dans la formation du futur citoyen, comme l’attestent les programmes scolaires depuis maintenant quelques années [9]. Dans le prolongement de cette tendance, le gouvernement français a procédé récemment à une redéfinition des compétences numériques visées par l’École publique. En effet, le référentiel historique intitulé « Brevet Informatique et Internet » (instauré en 2000 et actualisé en 2011) a été remplacé en 2019 par le nouveau *cadre de référence des compétences numériques* (CRCN) et son outil de certification PIX⁷ [10]. Le CRCN se veut une déclinaison française du référentiel européen DigComp [3] (que nous aborderons en Section 3.1).

Malgré ce contexte favorable au développement de compétences numériques chez l’enfant, la mise en œuvre d’activités d’apprentissages utilisant l’outil numérique (que cela soit comme instrument ou comme objet d’étude) rencontre plusieurs difficultés liées à divers freins principalement d’ordre technique (pérennité des équipements par exemple) ou psychologique (tels qu’un sentiment d’insécurité) [1]. Les avancées dans le domaine matériel (baisse des coûts, simplification des interfaces, généralisation des équipements mobiles) laissent présager une atténuation des freins d’ordre technique. Concernant plus spécifiquement les freins d’ordre psychologique, des études ont montré qu’un levier efficace pour les combattre réside dans la formation des personnels [6].

Si l’on considère la formation aux usages pédagogiques du numérique, on constate que les ressources sont relativement riches et librement accessibles⁸, et que les offres de formation sont nombreuses⁹. On constate par ailleurs qu’un certain nombre de personnels ont été formés (63% des interrogés dans le cas de l’enquête PROFETIC¹⁰ [7]). Cependant, il persiste un besoin (ressenti ou réel) de formation, même chez les personnels déjà formés (48% des interrogés dans le cas de [7]). Cela tend à montrer que les ressources et formations, dans leur forme actuelle, ne permettent pas de « sécuriser » les personnels enseignants. Malgré la formation, le numérique semble rester un domaine complexe, voire dans une certaine mesure inaccessible.

Afin de combattre ces préjugés (et de manière plus générale de préparer les futur·e·s citoyen·ne·s à vivre dans un monde hyper-connecté), nous proposons de former les enseignant·e·s au développement de la *pensée informatique*¹¹ dès le plus jeune âge. Concrètement, nous proposons (i) d’élaborer un nouveau cadre de formation (basé sur un référentiel de compétences) qui soit à la fois :

7. <https://pix.fr>

8. À titre d’exemples, voir <https://primabord.eduscol.education.fr/>, ou encore <https://portaillecole.scola.ac-paris.fr/>.

9. Formations internes, associations partenaires de l’école, etc.

10. Dans le cadre de cette enquête, 1555 enseignants du second degré de disciplines variées, ont été interrogés par rapport à leurs usages pédagogiques du numérique.

11. Nous adoptons ici la définition de [14] : « Penser informatiquement, c’est utiliser l’*abstraction* et la *décomposition* quand il s’agit d’affronter une tâche large et complexe ou quand il s’agit de *concevoir* un système large et complexe ; (...) c’est *choisir une représentation* appropriée pour un problème (...) ».

- *interprétable* par des non spécialistes (enseignant·e·s du primaire, etc.),
- *scientifiquement fondé* (c'est-à-dire en adéquation avec les fondements théoriques de la discipline « numérique et sciences informatiques ») ;

et (ii) de définir collaborativement des scénarios pédagogiques illustrant de manière simplifiée (mais fondée) comment travailler les compétences visées, et ce dès le plus jeune âge. Un enjeu particulier ici est de montrer que ces scénarios (et ces compétences) sont accessibles à un public varié (d'adultes ou d'enfants).

Le plan de l'article est le suivant. En Section 2, nous présentons brièvement notre projet (financement, partenaires, fonctionnement et objectifs). En Section 3, après un bref état de l'art des référentiels en lien avec la pensée informatique, nous présentons les grandes lignes d'un nouveau référentiel en cours d'élaboration. En Section 4, nous présentons la méthodologie retenue pour concevoir les ressources qui accompagnent ce référentiel. Enfin, en Section 5, nous décrivons les projets apparentés à nos travaux, puis nous concluons en Section 6.

2 Le projet PIAF

Le programme Erasmus+. Le projet PIAF a été financé dans le cadre du programme Erasmus+ de la Commission Européenne.¹² Erasmus+ est un programme en faveur de l'éducation, de la formation, de la jeunesse et du sport. Un aspect particulier de ce programme est qu'il s'adresse à la fois aux particuliers et aux organisations (universités, structures de formation, instituts de recherche, etc.). Pour ces dernières, trois actions clés sont proposées :

1. Mobilité des individus à des fins d'enseignement et de formation
2. Innovation et bonnes pratiques
3. Soutien à la réforme des politiques

Chacune des ces actions clés regroupe un certain nombre de types d'actions possibles, comme par exemple pour l'action clé n° 2 :

- Partenariats stratégiques
- Alliances de la connaissance
- Alliances sectorielles pour les compétences
- Renforcement des capacités

Le projet PIAF été sélectionné dans le cadre de l'action clé n° 2 – partenariats stratégiques. Il se déroule sur trois ans (de septembre 2018 à août 2021).

Partenaires. Le consortium réunit, en étroite collaboration, des partenaires (enseignant·e·s et chercheur·e·s) issus des sciences de l'éducation et de l'informatique (fondamentales et appliquées), provenant de pays, de culture et de système éducatif différents, et inclut de manière participative, un nombre relativement important de personnels de terrain (enseignant·e·s et futur·e·s enseignant·e·s). La richesse de ce consortium vise :

- à promouvoir une vision transdisciplinaire de la pensée informatique,

12. Voir https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/node_fr.

- à favoriser la coopération entre pays,
- à faire émerger des pratiques et scénarios pédagogiques innovants, notamment par l’interaction forte entre pédagogues et informaticien·ne·s.

Fonctionnement. Le projet PIAF est piloté par un comité composé de membres de chacun des quatre pays impliqués, et présidé par le pays porteur du projet. Ce comité se réunit par visio-conférence de manière régulière (toutes les six semaines environ), pour planifier les tâches courantes en accord avec le calendrier prévisionnel. Une réunion en présentiel est organisée quadrimestriellement, à tour de rôle, par chacun des partenaires, afin de faire le point sur les avancées du projet et régler les questions administratives en suspens.

Par ailleurs, sont organisés annuellement, par deux des partenaires, des séminaires de formation (dans la langue du pays hôte) ayant pour but de sensibiliser les membres des institutions partenaires (enseignant·e·s et étudiant·e·s) à la problématique de la pensée informatique et de les amener à utiliser le référentiel de compétences et à contribuer à l’élaboration de scénarios pédagogiques.

Des séminaires de dissémination sont également prévus à partir de 2020 dans les pays partenaires afin de diffuser les productions (référentiel de compétences, scénarios pédagogiques multi-lingues (voir Section 4) et ressources didactiques), de constituer un réseau favorisant les échanges de pratiques et de ressources.

Objectifs. Les livrables visés par le projet contiennent :

- un référentiel de compétences testé et validé par différent·e·s acteur·trice·s du projet (chercheur·e·s, enseignant·e·s, partenaires institutionnels) ;
- un panel d’activités d’apprentissage testées en classe (afin d’alimenter un futur portail *ouvert* de scénarios pédagogiques), et accompagnées par des ressources didactiques utiles pour leur mise en place.

Ces livrables sont construits de manière collaborative (voir Section 4) et participent de la constitution d’un réseau d’échange (au même titre que la présentation de ces livrables dans des colloques et autres séminaires).

3 (Encore un) Référentiel de compétences

La question de la définition du concept de *pensée informatique* est complexe en soi. Nous nous plaçons ici dans la lignée des travaux de [14], et définissons ces termes, de manière générale, comme l’ensemble des compétences propres à la représentation et manipulation de l’information (notamment pour résoudre des problèmes).¹³ Notons que certaines de ces compétences se retrouvent également dans d’autres disciplines (la représentation et la manipulation de l’information lorsqu’elle est appliquée aux valeurs numériques ou encore la notion de problème sont abordées en mathématiques par exemple). Il est donc difficile d’appréhender

13. Bien que ces compétences soient développées dans les cursus d’informatique, nous distinguons *pensée informatique* et *informatique* par le fait que les compétences propres à la pensée informatique sont transverses, fondamentales (nécessaires à tout citoyen) et ne nécessitent pas d’accès à un matériel informatique pour être mises en œuvre.

les contours de la pensée informatique. La déclinaison de celle-ci en compétences clairement identifiées et mises en relation les unes avec les autres (autrement dit, en un référentiel de compétences) est un premier pas dans ce sens.

Dans ce qui suit, nous allons faire une analyse critique d'un certain nombre de référentiels (proposés principalement dans les pays anglo-saxons) par rapport à nos objectifs précédemment mentionnés (définition précise, intelligible pour des non spécialistes et indépendante de tout système électronique particulier).

3.1 État de l'art : les référentiels anglo-saxons et européen

Sans oublier les travaux visionnaires de Seymour Papert, qui posaient déjà il y a près d'un demi-siècle les bases d'une pensée informatique [11], on peut considérer que la prise de conscience *collective* de l'importance de définir un cadre de formation à ce qui s'apparente à la pensée informatique a eu lieu il y a une quinzaine d'années dans les pays anglo-saxons. Cette prise de conscience est principalement due à des groupes de lobby : Association des enseignants d'informatique (*Computer Science Teachers Association*) créée en 2004 aux États-Unis, associations Informatique pour s'amuser (*ComputerScience4Fun*) et Calcul à l'École (*computing@school*) créées respectivement en 2005 et 2008 en Angleterre [5].¹⁴

Le cas des États-Unis. L'association CSTA a proposé dès 2011 un cadre commun (référentiel de compétences) pour apprendre l'informatique dès l'école élémentaire [13]. Ce cadre, intitulé *CSTA K12 standards*, a été révisé en 2017,¹⁵ et décrit un ensemble de compétences qui sont travaillées dès l'âge de cinq ans, et regroupées au sein de cinq axes thématiques :

- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1. Systèmes informatiques | 4. Algorithmes et programmation |
| 2. Réseaux et internet | 5. Impacts de l'informatique |
| 3. Données et analyse | |

Comme le laisse présager ce découpage thématique, le curriculum du CSTA comporte une relativement forte orientation technique, dans le sens où une part non négligeable du référentiel (les deux premiers axes) est en relation avec l'usage de logiciels ou matériels particuliers.

L'approche CSTA constitue cependant une contribution majeure, car elle comporte un référentiel de compétences fondé scientifiquement (validé par les pairs, membres de l'une des plus anciennes sociétés savantes en informatique, l'*Association for Computational Machinery*), validé par des personnels de terrain (membres du CSTA), accompagné d'une progression fine des compétences par

14. On peut noter l'existence d'un tel groupe de lobby en France, via l'association *Enseignement Public et Informatique* (EPI) créée en 1971, qui a beaucoup œuvré, notamment pour la ré-introduction de l'informatique dans l'enseignement secondaire, ce qui a par exemple permis l'ouverture de l'option Informatique et Sciences du Numérique (ISN) au baccalauréat en 2011.

15. Voir <https://www.csteachers.org/page/about-csta-s-k-12-nbsp-standards>

tranches d'âge, et s'intégrant dans un schéma plus large de poursuite d'études (secondaires puis supérieures). Le CSTA travaille par ailleurs actuellement à la définition d'un référentiel de compétences de l'éducateur·trice en informatique, en lien avec la Société Internationale pour la Technologie dans l'Éducation.¹⁶

Le cas de l'Angleterre. Alors que les associations sus-mentionnées (*ComputerScience4Fun* et *computing@school*), tout comme la Société Royale (*Royal Society*),¹⁷ militaient pour la reconnaissance de l'informatique en tant que science du calcul (*Computing Science*) et non comme simple outil, l'État anglais a décidé d'introduire une nouvelle discipline intitulée « calcul » (*Computing*) dans ses programmes scolaires en 2013.¹⁸ La formation dans cette discipline est divisée en 4 étapes clés (*Key Stages*), correspondant à des paliers regroupant chacun un ensemble de compétences à acquérir. Par exemple, la première étape clé inclut la compétence « créer et corriger des programmes simples », et la dernière la compétence « comprendre comment les changements dans la technologie impactent la sécurité, incluant de nouvelles façons de protéger sa vie privée et son identité en ligne, et comment faire remonter un ensemble de préoccupations ».

Comme l'illustre ce dernier exemple, le programme national inclut des compétences relativement larges, qui peuvent paraître difficiles à acquérir. Pour aider les enseignant·e·s dans cette tâche, l'association *computing@school* a défini un référentiel offrant une progression détaillée, intitulé « chemins de progression en calcul » (*Computing Progression Pathways*), et qui repose sur six domaines :¹⁹

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. Algorithmes | 4. Matériel et traitements |
| 2. Programmation | 5. Communication et réseaux |
| 3. Données et représentations | 6. Technologies de l'information |

Ce référentiel est lui aussi une contribution majeure, ne serait-ce que par son niveau de détail. En effet, chacun des six domaines y est décliné en huit étapes de formation, regroupant chacune de trois à cinq compétences illustrées par des activités, et annotées au moyen de concepts clés (abstraction, généralisation, pensée algorithmique, etc.). Il bénéficie du soutien de différents acteur·trice·s du monde informatique (universitaires, enseignant·e·s, milieu professionnel), et a joué un rôle précurseur dans l'introduction de la formation à l'informatique (pas uniquement la pensée informatique) dans des programmes nationaux. Sa principale limitation réside dans sa richesse, il regroupe en effet un nombre important de compétences appartenant à des domaines variés : informatique (*Computer Science*), technologies de l'information (*Information Technology*) ou encore littératie numérique (*Digital Literacy*), ce qui peut gêner sa lisibilité.

16. Voir <https://www.csteachers.org/page/standards-for-cs-educators>

17. Voir <https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>

18. Voir <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>

19. Voir <https://community.computingatschool.org.uk/resources/2324/single>

Le cas de l'Australie. Une autre proposition intéressante réside dans le curriculum australien, qui introduit dès 2015 deux disciplines distinctes : les technologies de l'information et de la communication (*Information and Communication Technology, ICT*) et les technologies numériques (*Digital Technologies, DT*).²⁰ Alors que les premières sont rattachées aux *compétences générales*, les dernières font partie de la discipline *technologie*. Toutes deux sont enseignées dès l'école élémentaire. Comme mentionné en introduction du domaine ICT,²¹ les compétences visées par ce domaine réfèrent aux « compétences permettant à l'apprenant-e d'avoir une utilisation optimale des outils numériques disponibles ». Les compétences en technologies numériques, quant à elles, réfèrent aux compétences propres à l'informatique (incluant la pensée informatique). Celles-ci sont définies autour de dix concepts clés :

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| 1. Abstraction | 6. Spécification |
| 2. Systèmes numériques | 7. Algorithmes |
| 3. Représentation des données | 8. Implantation |
| 4. Collection des données | 9. Impact |
| 5. Interprétation des données | 10. Interactions |

Ce curriculum permet donc à chaque élève australien de développer la pensée informatique dès le plus jeune âge, mais en l'étiquettant comme partie prenante des technologies. Ce choix de catégorisation de la pensée informatique peut nuire à son accessibilité en participant d'une vision technique de l'informatique, voire avoir des conséquences sur l'attrait de ce domaine pour un public féminin [4].

Le référentiel européen. L'Europe n'est pas en reste, puisqu'un groupe d'experts a rédigé dès 2013 un référentiel de compétences numériques à destination du citoyen européen. Ce référentiel, intitulé « compétences numériques » (*Digital Competencies*), révisé en 2017, repose sur cinq domaines de compétences [3] :

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Littératies des données et de l'information | |
| 2. Communication et collaboration | 4. Sécurité |
| 3. Création de contenus numériques | 5. Résolution de problèmes |

Chacun de ces cinq domaines est décomposé en un ensemble de trois à six sous-domaines (21 sous-domaines au total). Pour chacun de ces derniers, huit niveaux de maîtrise sont définis allant des compétences de base aux compétences très spécialisées. Chaque niveau de compétence est associé à des savoirs, savoir-faire et savoir-être, et illustré par un ou plusieurs exemples de situations de mise en œuvre de la compétence. Ce référentiel constitue également une contribution importante dans le développement de la pensée informatique chez l'apprenant pour plusieurs raisons. Tout d'abord, par la présence de nombreux exemples

20. Voir <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/>

21. Voir <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/general-capabilities/information-and-communication-technology-ict-capability/>

concrets, il explicite le lien entre compétences numériques et situations courantes (participant ainsi d'une prise de conscience des enjeux sociétaux sous-jacents). Ensuite, par son rôle normatif, il a de facto un impact sur les politiques éducatives en Europe, ouvrant ainsi la porte à une redéfinition des curriculums, qui soit au plus proche des enjeux actuels. Sa principale limitation réside dans le fait que les compétences en lien avec la pensée informatique se retrouvent peu précisées et noyées dans la quantité de compétences décrites.

3.2 Élaboration d'un nouveau référentiel

Motivations. De l'état des lieux ci-dessus, nous pouvons retenir certains points positifs et certaines limitations. Pour les aspects positifs, ces référentiels montrent une prise de conscience de l'importance de développer des compétences en lien avec le monde numérique chez les futur-e-s citoyen-ne-s, et ce dès l'école élémentaire. Ils proposent par ailleurs des progressions relativement détaillées de formations permettant d'appréhender le monde numérique, participant ainsi d'une certaine émancipation du-de la futur-e citoyen-ne.

Les limitations principales de ces référentiels nous semblent les suivantes : (1) ils ne distinguent pas (à l'exception du cadre australien) explicitement les compétences de la pensée informatique, qui peuvent être vues comme des compétences transverses, mobilisables dans diverses disciplines, et (2) ils s'appuient sur des progressions relativement riches et complexes, qui ne sont pas forcément lisibles par des non spécialistes.

Notre référentiel. Afin de répondre à ces limitations, nous proposons de nous inspirer des référentiels ci-dessus pour en définir un nouveau, qui soit (i) *centré sur la pensée informatique* (telle que définie précédemment), (ii) *ciblé sur l'enseignement fondamental* (école maternelle et primaire) tout en posant des bases compatibles avec des études secondaires, voire supérieures²², et (iii) *accessible* à des non spécialistes. Ce référentiel²³ a été construit collaborativement par itérations successives, via des réflexions menées lors de réunions de projet d'une part, et via des échanges / expérimentations avec des personnels de terrain au cours de séminaires de formation d'autre part (cf Section 4).

Ce référentiel prend sa source dans la définition de [14] (qui a eu un certain écho dans la communauté informatique) et dans les curricula d'informatique des pays anglo-saxons (voir référentiels présentés précédemment). Il s'agit de définir un ensemble de compétences propres à la pensée informatique, et cela au moyen d'un vocabulaire accessible (c'est-à-dire utilisant des termes relativement courants). Nous avons distingué les six compétences suivantes, chacune étant décomposée en un ensemble de trois à sept sous-compétences) :

22. À ce titre, son contenu doit être cohérent avec le domaine informatique auquel la pensée est apparentée. Pour cela, nous nous référons entre autres aux programmes d'informatique proposés par le groupe de travail ITIC commun à la Société Informatique de France et à l'association Enseignement Public et Informatique, voir <http://www.epi.asso.fr/blocnote/blocsom.htm#itic>.

23. Voir <https://piaf.loria.fr/contributions/>.

- C1** Définir des abstractions / généraliser
- C2** Composer / décomposer une séquence d'actions
- C3** Contrôler une séquence d'actions
- C4** Évaluer des objets ou séquences d'actions
- C5** Traduire des informations dans différentes représentations
- C6** Construire une séquence d'actions itérativement

La compétence C1 a pour but principal de développer la capacité à nommer des (groupes d')objets ou actions pour y référer par la suite. Un objet peut correspondre à une *valeur* (par exemple le prénom d'une personne) ou une *variable* (par exemple la température extérieure). La compétence C2 a pour but de développer la capacité à manipuler des actions pour résoudre des tâches. Ces actions peuvent faire intervenir des objets (ou groupes d'objets) tels que définis en C1. La compétence C3 vise le développement de la capacité à contrôler dans quels cas une séquence d'actions peut être exécutée. Il s'agit d'introduire les expressions conditionnelles et les répétitions. La compétence C4 doit permettre de développer une capacité réflexive sur la construction de séquences d'actions (c'est-à-dire savoir juger de l'adéquation d'une séquence par rapport à des contraintes données). La compétence C5 doit permettre de développer des capacité d'adaptation à diverses représentations équivalentes (par exemple comprendre que 2×2 et $\frac{8}{2}$ réfèrent au même *objet*). La compétence C6 enfin vise à développer une méthodologie de travail basée sur une approche itérative (c'est-à-dire par raffinements successifs) propre à la pensée informatique. Les sous-compétences sont réparties en deux niveaux : les sous-compétences *fondamentales* (dont l'acquisition peut débuter entre 5 et 8 ans) et *avancées* (dont l'acquisition peut débuter entre 9 et 12 ans). De plus, le référentiel est accompagné de deux documents : un *glossaire* permettant d'explicitier et d'illustrer les termes « techniques », et un *répertoire d'exemples* concrets de mise en œuvre des différentes sous-compétences.

4 Méthodologie de création de scénarios pédagogiques

La diffusion de ce référentiel de compétences ne peut se faire sans (i) la mise à disposition d'un noyau d'activités pédagogiques, et (ii) l'intégration de ces activités au sein de scénarios pédagogiques permettant un transfert en classe. Nous présentons ici la méthodologie utilisée pour créer cette base de scénarios.

Une démarche participative. Ce qui nous semble être une condition importante au succès de la dissémination du référentiel, réside dans la capacité des enseignant-e-s à *proposer* des activités en lien avec les compétences visées. Cette capacité créatrice serait non seulement la marque d'une appropriation du référentiel, mais également un outil de motivation pour l'implication des enseignant-e-s. La méthodologie employée pour développer cette capacité créatrice se base notamment sur des séminaires de formation, au cours desquels les participants sont amenés à concevoir des scénarios (ensemble d'activités) visant le développement de compétences en pensée informatique chez les jeunes de 5 à 12 ans. Il leur est

également demandé de tester ces scénarios sur le terrain. Prenons, par exemple, la formation menée conjointement par les universités de Liège et de Lorraine. Cette formation est hybride et a démarré par un premier séminaire en présentiel de deux jours. Lors de la première phase (jour 1), deux types d'animateurs, pédagogues et informaticien-ne-s, sont intervenus dans les activités suivantes :

1. Introduction à la pensée informatique, et présentation du référentiel PIAF ;
2. Illustration de ces concepts au travers d'exemples d'activités ;
3. Réalisation de ces activités en groupes (ateliers tournants) ;
4. Mise en relation des activités menées avec les compétences du référentiel.

La deuxième phase (jour 2) a porté sur la scénarisation pédagogique :

1. Présentation de la structure du scénario (canevas) ;
2. Familiarisation avec cette structure en demandant aux participants de la remplir à partir d'une activité qu'ils ont vécue lors de la phase 1 ;
3. Conception en dyade du scénario pédagogique qui sera testé en classe.

Le scénario conçu doit proposer au moins une activité travaillant une ou plusieurs compétences du référentiel. De plus, celui-ci doit respecter une triple concordance entre les compétences, les activités d'apprentissage et l'évaluation. Lors de cette seconde phase, les apprenant-e-s ont bénéficié de l'assistance d'expert-e-s (animateur·trice-s de la phase 1) pour les aider à prendre du recul, ou à approfondir certains points, si nécessaire. Les échanges riches lors de cette phase, ont notamment permis des retours sur le référentiel. La méthodologie proposée réutilise les leviers de [8], notamment :

- Encourager la génération d'idées en posant des questions (ou problèmes) ayant plusieurs réponses (solutions) ;
- Demander aux étudiant-e-s de proposer plusieurs idées aux questions ouvertes et leur rappeler de rendre chaque solution aussi variée que possible ;
- Pour chaque solution potentielle suggérée par un-e étudiant-e, lui demander de penser également à ses implications et implantations ;
- Inclure des médiateur·trice-s externes lors de certains travaux en groupes.

À l'issue du séminaire, chaque binôme doit poursuivre la création collaborative de son scénario pédagogique. Pour cela, un accompagnement à distance est proposé, notamment pour commenter les productions afin d'amener les participant-e-s à produire des scénarios détaillés et cohérents. Une fois validés, les scénarios sont testés en classe. Certains binômes vont s'orienter vers des activités proches de celles fournies par les expert-e-s, d'autres vont prendre plus de « risques ». Un second séminaire en présentiel est ensuite organisé afin d'avoir un retour sur l'expérimentation de scénarios sur le terrain.

Vers la constitution d'une base de connaissances. Un objectif à terme est de créer une communauté d'échange de pratiques, via l'alimentation d'un portail ouvert de scénarios pédagogiques et de ressources. À ce stade du projet, deux séminaires de formation ont été organisés, une dizaine de scénarios ont été testés en classe. Des séminaires de dissémination permettront de partager ces productions, et d'enrôler d'autres collaborateurs dans ce processus de conception participative.

5 Liens avec d'autres travaux

Le développement de la pensée informatique est un thème qui a donné lieu à un certain nombre de travaux (indépendamment ou non de la définition d'un référentiel de compétences). Parmi ces travaux, on peut citer le projet Informatique débranchée (*Computer Science unplugged*)²⁴ initié par le département d'éducation à l'informatique (*Computer Science Education*) de l'Université de Canterbury (Nouvelle Zélande) au début des années 2000, qui a créé et collecté plusieurs dizaines d'activités illustrant des concepts clés de la pensée informatique et de l'informatique, et cela sans avoir besoin de matériel électronique. Ce projet a permis l'émergence d'une communauté et un partage de ressources (que nous visons également). Dans nos séminaires, nous utilisons plusieurs ressources fournies par ce projet, en les positionnant par rapport à notre référentiel.

Le livre intitulé « 1, 2, 3 codez ! enseigner l'informatique à l'école et au collège » [2]²⁵ constitue un autre projet apparenté. Ce livre contient une progression d'activités (branchées ou non) qui peuvent être utilisées de l'école élémentaire au collège. Ces activités, conçues via des interactions entre chercheur·euse·s, médiateur·trice·s scientifiques et enseignant·e·s, s'intègrent dans les programmes français et s'accompagnent de matériels (tels que fiches d'activités) disponibles librement. Ce livre a permis l'émergence d'une communauté francophone, mais le format choisi (livre) limite les aspects *évolutif* et *participatif* de ce projet.

On peut également citer le projet Pensée informatique au long du curriculum (*Computational Thinking Across the Curriculum*)[12]²⁶ qui a eu lieu de 2008 à 2011 à l'Université DePaul (États-Unis), et qui a participé à la reconnaissance du caractère transdisciplinaire de la pensée informatique. Concrètement, ce projet a permis de constituer un réseau transdisciplinaire d'enseignant·e·s (du supérieur principalement) utilisant la pensée informatique dans leur discipline.

6 Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté le projet PIAF qui vise le développement de la pensée informatique à l'école élémentaire, avec un double enjeu : permettre une autonomie numérique (sécuriser les utilisateurs du numérique), et développer des compétences transverses utiles à tout citoyen (au même titre que l'énumération, la littératie, etc.). Ce développement passe par (i) la définition d'un référentiel de compétences qui soit fondé scientifiquement, mais aussi compris et accepté des enseignant·e·s (et dans une certaine mesure des apprenant·e·s), et (ii) par la construction et l'échange de pratiques (scénarios pédagogiques).

Ce projet, d'une durée de trois ans, vise aussi à évaluer l'impact de ces ressources sur les pratiques en classe, et sur les publics formés. Cela permettra par ailleurs de valider (ou non) l'hypothèse selon laquelle une formation telle que celle proposée ici, permet de développer les usages pédagogiques du numérique.

24. Voir <https://csunplugged.org>

25. Voir <https://www.fondation-lamap.org/fr/123codez>

26. Voir <http://compthink.cs.depaul.edu/>

Références

1. Baron, Georges-Louis et Laetitia Boulc'h (2011). Les technologies de l'information et de la communication à l'école primaire. État de la question. *Revue de l'association Enseignement Public et Informatique*. <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1202b.htm> (consulté le 8 oct. 2019).
2. Calmet, Claire, Mathieu Hirtzig et David Wilgenbus (2006). 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.
3. Carretero, Stéphanie, Riina Vuorikari et Yves Punie (2017). DigComp 2.1 - The Digital Competence Framework for Citizens - With eight proficiency levels and examples of use. [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_\(online\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_(online).pdf) (consulté le 8 oct. 2019)
4. Collet, Isabelle (2004). La disparition des filles dans les études d'informatique : Les conséquences d'un changement de représentation. *Carrefours De l'Éducation*, (17), pp. 43–56. DOI : <https://doi.org/10.3917/cdle.017.0042>
5. Crick, Tom et Sue Sentance (2011). Computing at school : stimulating computing education in the UK. In *Proceedings of the 11th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. ACM, New York, NY, USA, pp. 122–123.
6. Delarbre, Peggy (2017). Initiation à la programmation à l'école primaire : les activités « débranchées ». Mémoire de CAFIPEMF, académie de Lyon.
7. Direction Académique au Numérique Educatif (DANE) de Besançon (2016). Enquête PROFETIC sur les usages pédagogiques numériques des enseignants du second degré. https://dane.ac-besancon.fr/wp-content/uploads/sites/56/2016/08/Academie_Colleges_Tte_discipline_Enquete-Profetic_2016_sc.pdf
8. Gregory, Emma, Mariale Hardiman, Julia Yarmolinskaya, Luke Rinne, et Charles Limb (2013). Building creative thinking in the classroom : From research to practice. *International Journal of Educational Research*, 62, pp. 43–50.
9. Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche (2015). Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4), *Bulletin officiel de l'éducation nationale*, n° 10 du 19 novembre 2015.
10. Ministère de l'éducation nationale (2019). Décret n° 2019-919 du 30 août 2019 relatif au développement des compétences numériques dans l'enseignement scolaire, dans l'enseignement supérieur et par la formation continue, et au cadre de référence des compétences numériques. *Journal Officiel de la République Française*, 1er septembre 2019, n° 0203, texte 25.
11. Papert, Seymour (1971). *Teaching Children Thinking*. Artificial Intelligence, Memo No. 247, Massachusetts Institute of Technology, A.I. Laboratory. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/5835>(consulté le 28 oct. 2019).
12. Perkovic, Ljubomir, Amber Settle, Sungsoon Hwang et Joshua Jones (2010). A Framework for Computational Thinking across the Curriculum, *Proceedings of ITiCSE 2010*, pp. 123–127.
13. Seehorn, Deborah, Stephen Carey, Brian Fuschetto, Irene Lee, Daniel Moix, Dianne O'Grady-Cunniff, Barbara Boucher Owens, Chris Stephenson et Anita Verno (2011). *CSTA K–12 Computer Science Standards : Revised 2011*. Technical Report. ACM.
14. Wing, Jeannette M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM - Self managed systems*, Volume 49 Issue 3, pp. 33–35.