



**HAL**  
open science

## Donner du sens à l'objet numérique dans la formation des futur×e×s professeur×e×s des écoles

Yannick Parmentier, Sylvie Kirchmeyer

### ► To cite this version:

Yannick Parmentier, Sylvie Kirchmeyer. Donner du sens à l'objet numérique dans la formation des futur×e×s professeur×e×s des écoles. Atelier “ Apprendre la Pensée Informatique de la Maternelle à l'Université ”, dans le cadre de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), Jun 2021, Fribourg/Virtuel, Suisse. pp.34-45. hal-03241686

**HAL Id: hal-03241686**

**<https://hal.science/hal-03241686>**

Submitted on 28 May 2021

**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.

# Donner du sens à l'objet numérique dans la formation des futur·e·s professeur·e·s des écoles

Yannick Parmentier<sup>1, 2, 3</sup> Sylvie Kirchmeyer<sup>1</sup>

(1) INSPE / Université de Lorraine, 5 Rue Paul Richard, 54320 Maxéville, France

(2) LORIA / Université de Lorraine, Campus Scientifique, 54506 Vandœuvre-Lès-Nancy, France

(3) LIFO / Université d'Orléans, Rue Léonard de Vinci, 45067 Orléans, France

yannick.parmentier@univ-lorraine.fr sylvie.kirchmeyer@univ-lorraine.fr

## RÉSUMÉ

---

Dans la formation des futur·e·s enseignant·e·s du premier degré, les compétences numériques sont considérées au travers du prisme des Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation (TICE). Autrement dit, le *numérique* réfère à un outil au service des apprentissages, dont la maîtrise s'acquiert principalement par la pratique, et nécessite des conditions particulières (par exemple avoir du matériel à disposition). Cette vision restrictive du numérique est un frein à l'acquisition de compétences sur l'*objet* numérique lui-même, compétences dont bénéficieraient les pratiques éducatives utilisant les TICE. Nous décrivons ici une introduction transdisciplinaire à l'objet numérique en lien avec les mathématiques, co-conçue par une formatrice en mathématiques et un formateur au numérique.<sup>1</sup> Celle-ci se propose d'explicitier et de faire manipuler deux concepts fondamentaux communs aux deux domaines : la *numération* et l'*algorithmique*, en adoptant des points de vues complémentaires, avec entre autres pour ambition d'ainsi donner plus de sens à l'objet numérique dans la formation des futur·e·s professeur·e·s des écoles.

## ABSTRACT

---

### **Giving a meaning to digital objects in the training of future school teachers.**

In primary school teacher training, digital competencies are seen as related to Information and Communication Technologies for Education (ICTE). In other words, *digital* refers to a tool for learning, mastery of which is acquired mainly by practice and requires particular conditions (such as having hardware at hand). This restrictive view of digital devices hinders the acquisition of competencies about digital *objects* themselves, competencies from which ICTE activities would also benefit. We describe a transdisciplinary introduction to digital objects in relation with mathematics, co-designed by a mathematics and a computer science teacher, which focusses on defining and handling two fundamental concepts : *numeration* and *algorithmics*, while taking complementary points of view, with the goal among others to give more sense to digital objects in primary school teacher training.

---

**MOTS-CLÉS** : numérique, mathématique, numération, algorithmique, école primaire.

**KEYWORDS**: digital, mathematics, numeration, algorithmics, fundamental education.

---

---

1. Cette introduction a été dispensée durant le semestre de printemps 2021 à des étudiant·e·s inscrit·e·s en 2e année de master Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation (MEEF), mention 1er degré, parcours enseignement et pratique accompagnée à l'INSPE de Lorraine, site de Bar-le-Duc.

# 1 Introduction

En France, depuis plus de 15 ans maintenant, la formation des futur·e·s enseignant·e·s du premier degré inclut la possibilité de passer une certification (communément appelée C2I2e, ou Certificat Informatique et Internet niveau 2 - enseignant) attestant de compétences numériques (Boissinot, 2004). Celle-ci regroupe 7 blocs de compétences déclinés en 28 compétences, réparties entre :

- compétences générales en lien avec l'exercice du métier (par exemple « maîtriser l'environnement numérique professionnel ») ;
- compétences nécessaires à l'intégration des TICE dans sa pratique d'enseignement (par exemple « utiliser des outils de travail collaboratif »).

L'accent y est mis sur l'outillage et la capacité à travailler dans un monde numérique en tirant le meilleur parti des ressources que ce dernier peut offrir. Force est de constater qu'au fil des ans, cette certification est devenue un (sinon *le*) repère pour les futur·e·s enseignant·e·s, en ce qui concerne les compétences en lien avec le numérique, que doit avoir tout·e professionnel·le de l'éducation.

Baron et Drot-Delange (2016), dans leur mise en perspective historique de la place de l'objet numérique à l'école primaire, nous permettent d'appréhender le contexte de création du C2I2e. Sans revenir en détail sur ce contexte, on peut noter que la création du C2I2e intervient à un moment où les programmes scolaires ne font aucune référence aux compétences *sur* l'objet numérique (autrement dit aux compétences informatiques), l'accent étant mis sur des compétences d'utilisateur·trice.<sup>2</sup> Conformément à cette vision *utilitaire* du numérique, le C2I2e ne couvre aucune compétence en lien avec l'objet numérique lui-même (telle que par exemple des connaissances de base sur l'architecture des ordinateurs, ou des bases en programmation).

À cela s'ajoute le fait que les futur·e·s enseignant·e·s ont pour la plupart une formation en sciences humaines et sociales. En effet, en 2018 près de 46 % des effectifs des Écoles Supérieures du Professorat et de l'Éducation (ESPE, futurs INSPE et ex IUFM) provenaient des sciences humaines et sociales, contre 14 % des sciences exactes (M.E.S.R.I., 2018). Ce public est donc a priori constitué de personnes ayant été peu exposées à l'objet numérique autrement que comme "simple" outil.<sup>3</sup>

Ce double phénomène pourrait expliquer, au moins en partie, une méconnaissance (voire une méfiance<sup>4</sup>) des futur·e·s enseignant·e·s (en particulier dans le premier degré) envers l'objet numérique. Cette méconnaissance appelle à une formation sur l'objet numérique, comme en attestent certaines enquêtes de terrain. L'enquête PROFETIC nous apprend ainsi que 14 % des enseignant·e·s de premier degré recruté·e·s depuis moins de 3 ans interrogé·e·s (387 enseignant·e·s) estiment qu'une meilleure maîtrise du numérique pourrait favoriser l'usage du numérique en classe, ce chiffre montant à 24 % si l'on considère l'ensemble des 2334 enseignant·e·s interrogé·e·s sans distinction d'expérience (M.E.N.J., 2019). Ce besoin de maîtrise de l'objet numérique est corroboré par les travaux de Becker et Ravitz (2001), qui ont montré que lorsque les enseignant·e·s avaient une certaine expertise informatique, il·elle·s étaient plus enclin·e·s à faire usage du numérique en classe.

Par ailleurs, de la même façon que l'absence de rattachement des compétences numériques à une discipline scolaire entraîne une représentation biaisée du numérique chez les élèves (Fluckiger et Reuter, 2014), on peut craindre qu'une certification universitaire détachée de toute discipline

---

2. Ce qui a duré jusqu'à l'apparition de l'option *Informatique et Sciences du Numérique* en Terminale Scientifique en 2011.

3. Cette situation est en train de changer, puisque le Cadre de Référence des Compétences Numériques (CRCN) paru en 2019 (M.E.N., 2019), et sur lequel est adossée la formation scolaire au numérique, inclut des compétences de base en informatique (par exemple la capacité d'écrire des programmes simples).

4. Comme l'a montré Summers (1990), compétences et attitudes envers l'objet numérique sont liées.

scientifique n'ait le même effet chez de futur·e·s enseignant·e·s.

Enfin (et c'est sans doute là un des points les plus importants), de par sa formation, le·la futur·e enseignant·e est placé·e dans un rôle d'utilisateur·trice de solutions numériques, sans pour autant avoir les clés lui permettant d'appréhender ces solutions, et ainsi de faire face à certains problèmes techniques pourtant courants (tels que l'incompatibilité entre certains logiciels et formats de fichiers, ou encore entre certains logiciels et architectures matérielles). Cette capacité à gérer (sinon appréhender) ces problèmes techniques constitue en quelque sorte la base d'une pyramide de Maslow de l'usage du numérique. Sans connaissances informatiques (i.e., sur l'objet numérique), il est très difficile (voire impossible) de se sentir pleinement en sécurité par rapport à l'usage d'outils numériques. Capelle *et al.* (2018) précisent notamment que le principal risque lié au numérique identifié par les jeunes enseignant·e·s sont les risques techniques (66,2 % des interrogé·e·s).

Dans ce contexte, la formation à l'objet numérique constitue sans doute l'un des enjeux majeurs de la formation des futur·e·s enseignant·e·s. Notons par ailleurs que cet enjeu est encore renforcé par l'introduction du numérique comme objet d'étude dans les programmes scolaires de 2016 (la programmation y étant abordée dès le cycle 2).

Si l'on s'accorde sur la nécessité de former les futur·e·s enseignant·e·s à l'objet numérique<sup>5</sup>, se pose alors la question de savoir comment ? Comme l'indiquent Baron et Drot-Delange (2016), l'histoire de l'enseignement de l'objet numérique en contexte scolaire est riche, avec notamment l'usage de micro-mondes (Touloupaki et Baron, 2019) permettant de placer l'apprenant dans un rôle créatif. Mais qu'en est-il de son enseignement dans la formation initiale de futur·e·s enseignant·e·s du primaire ? À notre connaissance, peu d'études sur ce sujet sont disponibles.

Dans le travail exploratoire que nous relatons ici, nous avons fait le choix d'une formation transdisciplinaire (Gérard et Roegiers, 2009). Ce choix est motivé par le fait que la transdisciplinarité permet entre autres de donner plus de sens aux apprentissages (Daudigny, 2017). Cette caractéristique est particulièrement bienvenue dans notre contexte de formation à l'objet numérique, aux vues de la vision utilitaire du numérique citée précédemment prônée par le C2I2e (les futur·e·s enseignant·e·s ne voyant pas toujours quel intérêt il y aurait à apprendre les bases de l'objet numérique).

Dans l'optique de lier l'introduction de l'objet numérique<sup>6</sup> à une discipline scolaire, plusieurs choix sont possibles, l'informatique étant par nature la science du traitement de l'information, quel que soit le domaine d'application de celle-ci. Notre choix s'est naturellement porté sur les mathématiques, pour deux raisons principales :

- les deux disciplines scientifiques (sous-jacentes aux disciplines scolaires) ont des liens<sup>7</sup> historiques très forts<sup>8</sup> ;
- les mathématiques constituent un élément important de la formation des futur·e·s enseignant·e·s du premier degré.<sup>9 10</sup>

---

5. À l'instar des travaux du projet DALIE (Didactique et Apprentissage de l'Informatique à l'École) qui pointent notamment un besoin de formation « pour permettre aux enseignant·e·s de mieux appréhender les enjeux d'un enseignement de l'informatique à l'école » (Drot-Delange, 2018).

6. Que nous entendons ici comme apparentée à la discipline scolaire intitulée *Numérique et Science Informatique* introduite dans les programmes scolaires du lycée en 2019.

7. Pour s'en convaincre, rappelons si besoin que le dictionnaire Larousse donne pour définition de l'adjectif *numérique* : « qui relève des nombres ; qui se fait avec des nombres, est représenté par un nombre ».

8. On peut notamment citer les travaux du mathématicien Alan Turing, auteur de la *machine de Turing*, un modèle abstrait de mécanisation du calcul datant de 1936, qui est à l'origine de l'architecture des ordinateurs actuels (Girard et Turing, 1995).

9. Elles font partie des disciplines comportant une épreuve écrite au concours de recrutement de professeur·e des écoles.

10. Plus généralement, elles occupent une place particulière dans le système éducatif français, elles sont par exemple

Concrètement, nous proposons une formation commune au numérique et aux mathématiques, qui permet aux futur·e·s enseignant·e·s d'acquérir (ou de renforcer) les connaissances des objets correspondants. Cette formation se concentre autour de deux concepts clés : la numération et l'algorithmique (dont l'enseignement est décrit respectivement en Sections 2 et 3). Elle utilise des activités mises explicitement en lien avec les objets numérique *et* mathématique, afin de dresser des ponts entre les deux disciplines scientifiques.<sup>11</sup> Sa mise en œuvre, pour un volume total de 10 heures, a eu lieu au sein d'une unité d'enseignement dispensée à un groupe de 15 étudiant·e·s inscrits en deuxième année de Master *Métiers de l'Éducation, de l'Enseignement et de la Formation* (MEEF), mention 1er degré, parcours enseignement et pratique accompagnée (PEPA), en d'autres termes des étudiant·e·s qui, bien qu'ayant validé leur première année de Master, n'ont pas encore obtenu le concours de recrutement de professeur·e des écoles (CRPE). À l'issue de la présentation de cette formation, nous concluons sur ce travail préliminaire et donnons quelques pistes pour la suite (Section 4).

## 2 La numération : une compétence commune à l'être humain et à l'ordinateur

La numération occupe une place importante dans les programmes de l'école primaire. Les compétences visées ont trait à la *connaissance et compréhension des nombres, de leur écriture chiffrée (numération décimale) et du calcul* (M.E.N.J.S., 2020). L'un des enjeux ici pour les élèves est la maîtrise de la numération décimale, c'est-à-dire d'un système positionnel de représentation des nombres utilisant la base dix (*i.e.*, où l'on raisonne par paquets de dix éléments). Cet enseignement concerne autant la numération orale qu'écrite, qui présentent des particularités qui rendent leur maîtrise non triviale. En particulier, la numération écrite repose sur un système positionnel utilisant dix chiffres (de 0 à 9), qui s'écrivent de droite à gauche (les unités correspondant au chiffre le plus à droite), où le 0 occupe une place particulière (cf notion de chiffre significatif), et dont le lien avec la numération orale est irrégulier, on utilise par exemple le terme *onze* et non l'expression *dix-et-un*, *trente* et non *trois-dix*, etc. (Le Poche, 2010).

Dans ce contexte, nous proposons d'aborder cette problématique d'enseignement de la construction d'une numération en adoptant une vue transdisciplinaire : nous comparons la numération utilisée par l'être humain enseignée en mathématiques (utilisant la base dix) à celle utilisée par l'objet numérique (utilisant la base deux). Le but ici est de permettre une prise de recul par rapport à l'usage d'une base particulière. Cette distanciation nous paraît primordiale afin que les futur·e·s enseignant·e·s puissent appréhender la didactique de la numération et les enjeux attenants (*e.g.* savoir définir les activités à proposer aux élèves pour leur permettre d'acquérir les compétences visées par les programmes).

Par ailleurs, nous adoptons une approche par investigation, visant à placer l'apprenant·e dans un rôle actif (Hintikka, 1992). Concrètement, il s'agit de faire manipuler les deux bases (base dix et base deux) aux futur·e·s enseignant·e·s afin notamment (i) d'explicitier des propriétés et opérations de la base dix qu'il·elle·s utilisent de manière inconsciente (ce qui amène parfois des difficultés dans l'enseignement de celles-ci à des élèves de primaire), et (ii) d'esquisser le fonctionnement des ordinateurs en montrant comment l'information binaire y est manipulée, tant d'un point de vue théorique (base deux) que pratique (portes logiques). Cette introduction au fonctionnement des

---

distinguées des autres sciences exactes dans les programmes officiels.

11. Nous dépassons ici le cadre des disciplines scolaires stricto sensu, afin de permettre aux futur·e·s enseignant·e·s d'acquérir un plus grand recul sur les enseignements correspondants.

ordinateurs leur permettra notamment d’appréhender le sens du *bit* (*binary digit*, unité d’information) et son utilisation notamment pour définir (i) la *taille* d’un fichier, ou encore (ii) le nombre d’adresses mémoires utilisables (cf architectures 32 et 64 bits).

Les compétences visées chez les futur·e·s enseignant·e·s sont les suivantes :

- avoir un recul sur les automatismes mis en œuvre en numération ;
- être capable de modéliser ces automatismes sous forme de propriétés mathématiques ;
- être capable de transférer ces automatismes à une autre base ;
- comprendre la représentation binaire des nombres entiers (et appréhender le fait qu’un nombre fini de valeurs soit représentable en fonction du nombre de chiffres autorisés) ;
- être capable d’additionner des nombres en base deux (en posant l’addition) ;
- convertir un nombre binaire en nombre décimal et vice versa ;
- expliquer de manière simplifiée la représentation des nombres entiers dans un ordinateur.

Deux séances (pour un total de cinq heures) sont dédiées à cette partie. Leur déroulé est le suivant. La première séance débute par une phase d’accroche. On demande aux étudiant·e·s : « quel(s) système(s) de représentation des nombres connaissez vous ? À quoi ceux-ci servent-ils ? » Les réponses incluent les chiffres romains (utilisés par exemple en Histoire) et les représentations en bâtons (utilisés pour le dénombrement). On indique alors qu’on va manipuler une autre représentation en utilisant des cartes. Concrètement, il s’agit de faire découvrir le fonctionnement de la base deux au moyen de cartes représentant des chiffres binaires (bits), comme illustré en Figure 1. Chaque carte contient ainsi un nombre de points noirs en lien avec une puissance de deux (la carte la plus à droite représente le chiffre des unités et contient  $2^0 = 1$  point, celle qui la précède  $2^1 = 2$  points, et ainsi de suite). Nous réutilisons ici une activité de type *informatique débranchée* (Bell *et al.*, 2015), dont l’intérêt potentiel dans la formation des enseignant·e·s du premier degré a été discuté par ailleurs (Parmentier, 2018).

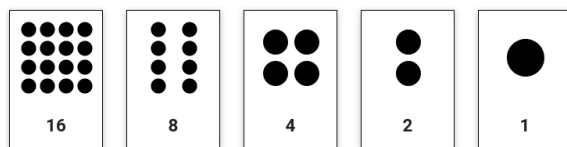


FIGURE 1 – Cartes représentant les puissances de deux par ordre décroissant.

Dans un premier temps, les cartes sont distribuées à 5 étudiant·e·s volontaires, qui viennent se placer en face de leurs collègues. Une discussion s’en suit, où l’on demande aux étudiant·e·s : « à votre avis, que représentent ces cartes ? Combien de points au total contiennent ces cartes ? Comment afficher  $n$  points ? Quelle est le plus grand nombre de points que l’on peut afficher ? Etc. ». On propose alors d’attribuer un 1 aux cartes visibles et un 0 aux cartes retournées. L’affichage de 11 points correspond par exemple à la représentation fournie en Figure 2, soit, d’après notre convention d’interprétation, au nombre binaire 01011. Autrement dit, le nombre décimal 11 s’écrit 01011 en base deux ou plus simplement 1011 si l’on omet les chiffres non significatifs (ce qui est noté  $\overline{1011}^2$  en mathématiques).

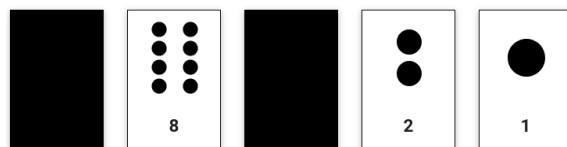


FIGURE 2 – Représentation du nombre décimal 11.

Cette introduction à la base deux nous permet également de revenir sur les démarches calculatoires associées : décomposition additive en somme de puissances de 2, conversion entre nombre décimal et binaire par divisions successives par 2. Cette phase donne lieu à l’élaboration d’une trace écrite qui

constitue une première allusion à la notion d’algorithme, auquel est donné un sens mathématique.

On propose alors aux étudiant·e·s de découvrir une nouvelle représentation des nombres entiers, qui a la propriété d’être manipulable : le boulier chinois<sup>12</sup> (Cumin *et al.*, 1988), illustré en Figure 3<sup>13</sup>. L’utilisation d’un tel outil pour l’enseignement des mathématiques auprès d’élèves comme d’enseignant·e·s (notamment du primaire), a été étudié par ailleurs (Poisard *et al.*, 2016). Les auteur·e·s de cette étude concluent que ce boulier permet notamment de découvrir un autre moyen de construire les nombres et d’appréhender de nouvelles techniques de calcul. C’est l’occasion pour nous de faire le parallèle entre l’incréméntation (calcul de la fonction qui à un nombre  $n$  associe le nombre  $n + 1$ ) de nombres binaires et de nombres décimaux (lorsque ces derniers sont représentés par un boulier). Dans les deux cas, un patron sous-jacent (cyclique) est à l’œuvre. Cette confrontation à des calculs itérés permet notamment aux étudiant·e·s de leur faire mesurer les démarches répétitives mises en œuvre pour calculer avec un boulier. Le passage par la verbalisation et le codage permet de mettre en évidence des démarches algorithmiques différentes de celles du calcul posé, étudié par ailleurs avec l’addition.

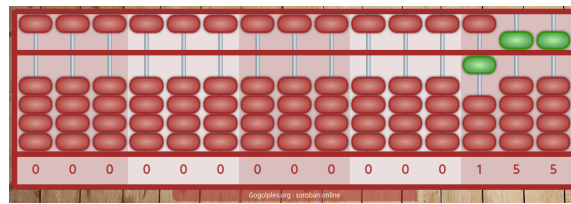
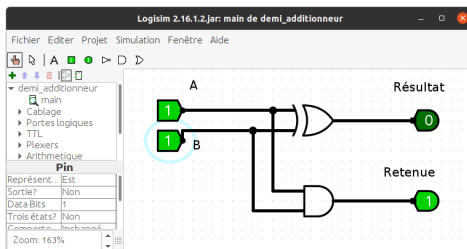


FIGURE 3 – Boulier chinois virtuel de type soroban.

Pour terminer cette première partie, nous présentons aux étudiant·e·s le concept de table de vérité, et montrons comment celui-ci permet de représenter (i) des opérations logiques (utilisant les opérateurs *et*, *ou*, *ou exclusif*, *non*), ou (ii) des opérations sur les nombres binaires (en associant au chiffre binaire 1 la valeur booléenne *Vrai* et à 0 la valeur *Faux*). En particulier, la somme  $s$  et la retenue  $r$  de deux nombres binaires  $a$  et  $b$  s’expriment respectivement par les formules logiques  $s = a \oplus b$  et  $r = a \wedge b$  ( $\oplus$  représentant le *ou exclusif* et  $\wedge$  le *et logique*). Nous concluons par l’utilisation d’un simulateur<sup>14</sup> pour visualiser le fonctionnement du circuit électronique demi-additionneur de bits (c’est-à-dire sans retenue en entrée), comme illustré Figure 4.



(a) Circuit électronique simulé

$a$	$b$	$s$	$r$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

(b) Table de vérité

FIGURE 4 – Demi-additionneur de bits.

À l’issue de ces deux séances, nous évaluons oralement les compétences acquises par les étudiant·e·s. Il·elle·s sont généralement capables de représenter des valeurs décimales sous forme de nombres binaires ou au moyen de bouliers chinois, et d’effectuer avec chaque représentation des additions en posant des retenues si nécessaire. Le vocabulaire de l’écriture décimale (par exemple base, rang, retenue) est mobilisé. Enfin, il·elle·s peuvent décrire de manière simplifiée comment les nombres sont représentés dans un ordinateur et comment ce dernier réalise des calculs.

12. Le boulier utilisé ici est de type soroban, et est parfois appelé également boulier japonais.

13. Version accessible en ligne à <http://www.gogolplex.org/app/bouliers/soroban.php>.

14. Logiciel Logisim disponible librement à l’adresse <http://logisim.altervista.org/>.

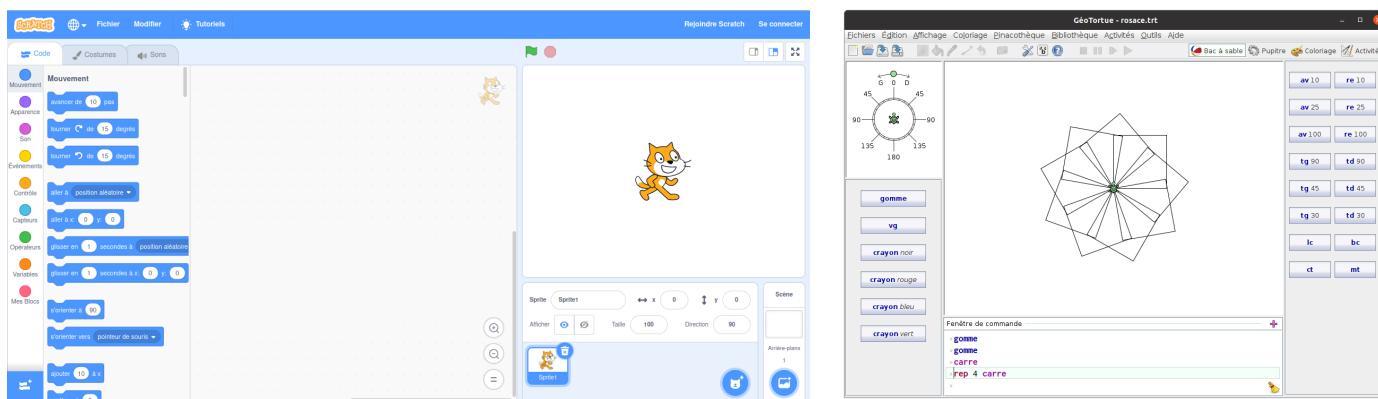
### 3 L’algorithmique : un outil pour calculer, mais aussi pour tracer des formes géométriques

Le second concept sur lequel s’appuie cette formation est celui d’algorithme. Ce concept est omniprésent en mathématiques. En effet, on l’utilise par exemple dès lors que l’on pose des calculs. Il est relativement aisé de faire concevoir aux étudiant·e·s qu’un algorithme correspond à un procédé systématique permettant de calculer une valeur, ou plus généralement une réponse à un problème. Il est plus délicat de leur faire appréhender celui de programme, car il requiert d’aborder la question du langage (de programmation) utilisé pour transcrire l’algorithme dans une forme aisément exploitable (notamment par un ordinateur).

Nous proposons ici d’utiliser les constructions géométriques comme cadre à la conception d’algorithmes et à l’écriture de programmes. Les motivations à ce choix sont doubles :

- l’analyse de figures et la verbalisation des étapes de construction font partie des programmes scolaires de mathématiques du 1er degré ;
- l’utilisation d’un langage de programmation dédié pour tracer des formes géométriques est un procédé éprouvé depuis les travaux autour du langage LOGO (Solomon et Papert, 1976).

Concrètement, il s’agit de faire concevoir et implanter des algorithmes de construction de formes géométriques du plan (2D), en utilisant deux environnements (et langages) de programmation : <sup>15</sup> Scratch <sup>16</sup> et Géotortue <sup>17</sup>, dont les interfaces graphiques sont présentées en Figure 5.



(a) Logiciel Scratch (version 3)

(b) Logiciel Géotortue

FIGURE 5 – Environnements de programmation utilisés.

Les objectifs visés sont les suivants :

- analyser géométriquement une figure simple ou complexe, tout en mobilisant ses connaissances sur les transformations géométriques (symétrie, translation) ;
- se repérer, décrire ou exécuter des déplacements (*relatifs* ou *absolus*) dans un plan ;
- nommer et répéter une séquence d’instructions ;
- appréhender la représentation d’un plan par un ordinateur (via un repère orthogonal) ;
- réaliser une figure simple, ou composée de figures simples, à l’aide d’un programme (et d’un logiciel interprétant ce programme).

Cette partie a par ailleurs pour but de sensibiliser les étudiant·e·s au fait qu’un ordinateur affiche des informations *numériques* (*i.e.*, une suite de bits, représentant par exemple un cercle ayant un certain

15. Nous utilisons une police différente pour distinguer l’environnement du langage (bien qu’ils aient le même nom).

16. <https://scratch.mit.edu>

17. <https://geotortue.free.fr>



rayon) à l'écran en considérant ce dernier comme un plan discret – ou matrice – composé de points coloriables appelés pixels (*pix[pictures] elements*).

Nous dédions à nouveau deux séances (pour un total de cinq heures) à cette partie. Avant de faire programmer des formes géométriques sous Scratch, nous choisissons d'introduire le concept de repère orthogonal utilisé par l'ordinateur pour afficher des éléments à l'écran.<sup>18</sup> Pour cela, nous commençons par une activité introductive basée sur une discussion collective à partir d'images projetées (présentées en Figure 6).

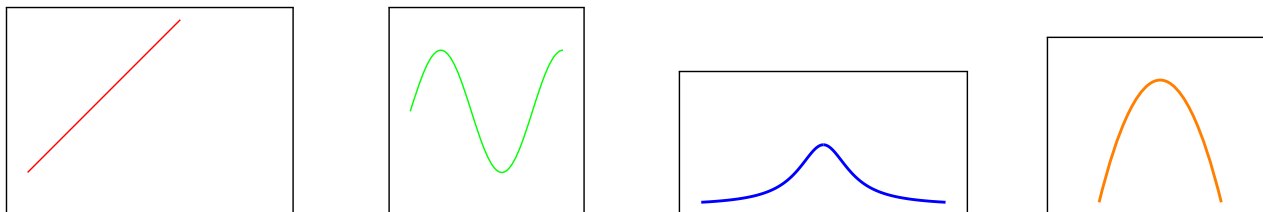
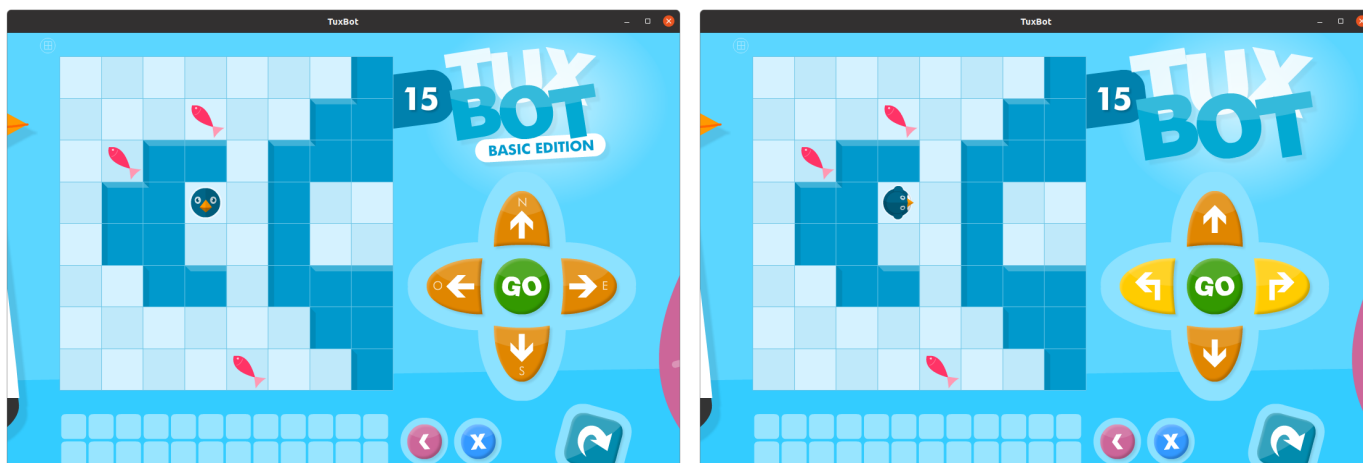


FIGURE 6 – Fonctions d'équation  $y = f(x)$ .

Le but de cette discussion est de faire émerger le concept de fonction, en tant que relation entre deux nombres : l'image  $y$  et son antécédent  $x$ , et que nous savons représenter dans un repère orthogonal constitué d'un axe des abscisses (horizontal) et d'un axe des ordonnées (vertical). L'ordinateur procède de même (en notant dans certains contextes des différences, par exemple un axe des ordonnées dirigé vers le bas, cf un rafraîchissement de l'écran opéré de haut en bas impliquant une position de l'origine du repère en haut à gauche).

Une deuxième activité permet d'introduire le concept de déplacement relatif. Celle-ci utilise l'environnement de programmation Tuxbot<sup>19</sup>, qui permet de programmer les déplacements d'un manchot sur une grille. L'un des intérêts de Tuxbot réside dans le fait qu'il est configurable, afin de permettre aux utilisateur-trice-s de définir des déplacements absolus (non liés à une orientation donnée du manchot) au moyen des 4 points cardinaux, ou relatifs au moyen de directions, comme illustré Figure 7.



(a) Mode déplacements absolus

(b) Mode déplacements relatifs

FIGURE 7 – Environnement de programmation Tuxbot.

À l'issue de ces deux activités, les étudiant-e-s sont capables de programmer des déplacements relatifs (à partir d'un point de départ) sur une grille, et de désigner des positions particulières de cette grille

18. Comme indiqué à juste titre par l'un-e des relecteur-trice-s, il aurait été intéressant de procéder par étapes, en utilisant dans un premier temps uniquement des déplacements relatifs à partir d'une position donnée (ne nécessitant pas de maîtriser les coordonnées dans un repère orthogonal), avant de basculer ensuite sur une utilisation de déplacements absolus.

19. <http://appli-etna.ac-nantes.fr:8080/ia53/tice/ressources/tuxbot/index.php>

au moyen de coordonnées dans un repère orthogonal.

Une troisième activité, inspirée par la fiche eduscol du thème « mathématiques – espace et géométrie » intitulée « Initiation à la programmation – Annexe 5.4 : Scratch – Figures géométriques »<sup>20</sup>, consiste à prendre en main le langage Scratch en partant d'un programme à commenter, représentant ici un carré de côté 150 pixels (Figure 8a).



(a) Programme mystère



(b) Figure à coder

FIGURE 8 – Activités Scratch.

Nous utilisons l'environnement Scratch en premier lieu car son interface graphique permet d'avoir une vue d'ensemble du langage (blocs disponibles) ainsi que des aides visuelles sur comment ce langage s'utilise (règles *grammaticales* de combinaison des blocs représentées par la forme et la couleur de ces derniers).<sup>21</sup> Avant que les étudiant·e·s ne commencent à utiliser Scratch, nous avons pris soin de présenter son fonctionnement et son interface graphique au moyen d'un vidéo-projecteur.

Dans un second temps, nous demandons aux étudiant·e·s de programmer une figure imposée en réinvestissant le travail effectué à l'étape précédente. Par exemple ici nous demandons aux étudiant·e·s de construire une forme contenant entre autres un carré (Figure 8b). Afin de permettre aux étudiant·e·s de contrôler plus facilement la position de leurs figures à l'écran, nous leur montrons le réglage permettant d'afficher le repère orthonormé dans la zone d'affichage de Scratch.

En fonction de l'avancée des étudiant·e·s, une dernière activité propose d'utiliser l'environnement de programmation Géotortue pour construire les figures vues durant l'activité Scratch dans un nouveau langage. Un intérêt du langage Géotortue est qu'il permet de programmer les déplacements relatifs d'une tortue au moyen d'un jeu d'instructions réduit, tout en offrant une expressivité relativement riche par la possibilité d'utiliser des boucles et procédures nommées (Beaumin, 2016). Pour illustrer ceci, le code Géotortue du programme Scratch de la Figure 8a est donné en Figure 9.

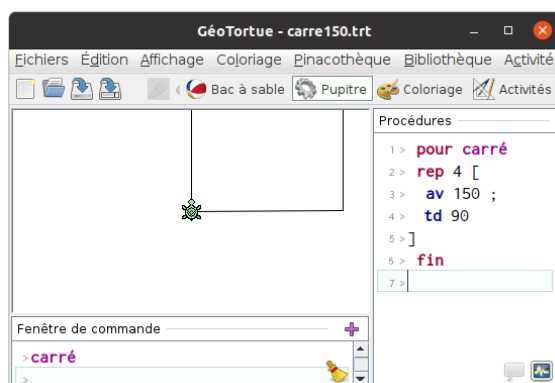


FIGURE 9 – Programme Géotortue.

20. [https://maths.dis.ac-guyane.fr/IMG/pdf/ra16\\_c2\\_c3\\_math\\_annexe\\_5\\_4\\_scratch\\_figures\\_geo\\_624916.pdf](https://maths.dis.ac-guyane.fr/IMG/pdf/ra16_c2_c3_math_annexe_5_4_scratch_figures_geo_624916.pdf)

21. Sans compter que ce langage est parfois utilisé dans les épreuves de mathématiques du concours de recrutement de professeur des écoles, on peut par exemple demander aux candidat·e·s de donner le résultat d'un programme Scratch fourni.

Cette activité mobilise d'intéressantes compétences en mathématiques, telles qu'utiliser les connaissances relatives aux figures planes et à leurs transformations, être capable de mettre en place une démarche d'investigation (résolution d'un problème ouvert), anticiper une action, un résultat, etc.

À l'issue de ces deux séances, nous vérifions (à nouveau oralement) que les étudiant·e·s sont capables d'expliquer ce qu'est un algorithme et un programme, de lire et écrire des programmes simples au moyen du langage par blocs Scratch (et pour certain·e·s du langage textuel Géotortue). Les étudiant·e·s indiquent notamment qu'il·elle·s ont à présent non seulement une bonne compréhension du fonctionnement de l'environnement Scratch, qu'il·elle·s pensent être capables de lire et d'écrire des programmes Scratch décrivant des formes géométriques non triviales, mais reconnaissent également l'intérêt de passer par une représentation sous forme de programme informatique pour expliciter les propriétés mathématiques de formes géométriques. On voit ainsi poindre les effets bénéfiques d'une approche transdisciplinaire.

## 4 Conclusion et travaux futurs

Nous avons présenté ici une introduction à l'objet numérique à destination de futur·e·s enseignant·e·s du primaire utilisant une approche transdisciplinaire par investigation. Une évaluation superficielle des connaissances et compétences acquises, au moyen d'observations et d'évaluations orales collectives, montre un certain succès de la formation par rapport aux objectifs fixés (notamment une meilleure appréhension du fonctionnement et des fonctionnalités offertes par l'objet numérique).

Outre la sensibilisation au fonctionnement de l'objet numérique, cette formation a permis de renforcer des compétences travaillées par ailleurs en mathématiques et de leur donner du sens dans un autre domaine. Les effets sont bénéfiques pour les deux disciplines scolaires (les futur·e·s enseignant·e·s ont renforcées leurs compétences sur la numération et la géométrie, mais aussi en programmation). On peut noter que ce travail exploratoire a été bien accueilli par les étudiant·e·s (les personnes ne pouvant pas être présentes pour cause d'isolement sanitaire ont demandé expressément à suivre la formation à distance en même temps que leurs camarades sur site). Les interactions ont été riches, aussi bien entre formateur·trice·s, qu'avec les étudiant·e·s, ou encore qu'entre étudiant·e·s eux·elles-mêmes.

Les travaux futurs incluent une étude plus approfondie de la formation proposée (avec recueil de données notamment), et l'évaluation de l'impact de celle-ci sur (1) la représentation et (2) l'usage du numérique chez les futur·e·s enseignant·e·s. L'axe (1) pourrait bénéficier des apports méthodologiques d'Ailincal *et al.* (2018), dont le travail visait entre autres à identifier les représentations sur le numérique chez les enseignant·e·s de premier degré en Polynésie française. Concernant l'axe (2), nous visons le développement d'un pool d'enseignant·e·s composé pour moitié de personnes ayant suivi une formation à l'objet numérique comparable à celle présentée ici, puis d'analyser les usages du numérique en classe, avec pour but d'observer des évolutions de pratiques (et de posture).

## Remerciements

Nous sommes reconnaissants envers les deux membres du comité de programme ayant relu cet article pour leurs commentaires constructifs et bienveillants. Nous remercions également les membres du projet Erasmus+ « Pensée Informatique et Algorithmique dans l'enseignement Fondamental » (PIAF, référence 2018-1-BE01-KA201-038611) pour les interactions riches en lien avec ce travail.

# Références

- AILINCAI, R., GABILLON, Z. et FERRIERE, S. (2018). Des éléments de corpus pour comprendre les représentations sur le numérique en contexte polynésien : préalables à la conception d'un dispositif de formation des enseignants du 1er degré. *Contextes et didactiques [En ligne]*, 11. mis en ligne le 15 juin 2018, consulté le 14 mai 2021.
- BARON, G.-L. et DROT-DELANGE, B. (2016). L'informatique comme objet d'enseignement à l'école primaire française ? mise en perspective historique. *Revue française de pédagogie*, 195. mis en ligne le 30 juin 2019, consulté le 12 mai 2021.
- BEAUMIN, C. (2016). *Initier ses élèves à la programmation*. Nathan, Paris.
- BECKER, H. J. et RAVITZ, J. L. (2001). Computer use by teachers : Are Cuban's predictions correct ? *In Proceedings of the 2001 Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Seattle, USA.
- BELL, T., WITTEN, I. H. et FELLOWS, M. (2015). *Computer Science Unplugged – An enrichment and extension programme for primary-aged students*. University of Canterbury, Christchurch, NZ.
- BOISSINOT, A. (2004). B.O. n°11 du 11 mars 2004 - Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation Nationale et de la Recherche.
- CAPELLE, C., CORDIER, A. et LEHMANS, A. (2018). Usages numériques en éducation : l'influence de la perception des risques par les enseignants. *Revue française des sciences de l'information et de la communication [En ligne]*, 15. mis en ligne le 01 janvier 2019, consulté le 14 mai 2021.
- CUMIN, J., DELUCHEY, C. et HOSSENLOPP, J. (1988). *Le boulier*. Edition L'Impensé Radical.
- DAUDIGNY, A. (2017). Donner du sens aux apprentissages : les projets transdisciplinaires. Mémoire de Master MEEF, Université Paris-Sorbonne.
- DROT-DELANGE, B. (2018). Reconfiguration de l'enseignement de l'informatique à l'école primaire : quelle conscience disciplinaire chez les professeurs des écoles stagiaires ? *Recherches en didactiques*, 1(1):27–40.
- FLUCKIGER, C. et REUTER, Y. (2014). Les contenus « informatiques » et leur(s) reconstruction(s) par les élèves de CM2, Étude didactique. *Recherches en Éducation*, 18:64–78.
- GIRARD, J.-Y. et TURING, A. (1995). *La machine de Turing*. Éditions du Seuil, Paris.
- GÉRARD, F.-M. et ROEGIERS, X. (2009). Fiche 22. interdisciplinarité et transdisciplinarité. *In* GÉRARD, F.-M. et ROEGIERS, X., éditeurs : *Des manuels scolaires pour apprendre : Concevoir, évaluer, utiliser*, pages 293–296. De Boeck Supérieur, Louvain-la-Neuve, Belgique.
- HINTIKKA, J. (1992). The interrogative model of inquiry as a general theory of argumentation. *Communication and Cognition*, 25(2-3):221–242.
- LE POCHÉ, G. (2010). Débuter la numération. *In Le nombre au cycle 2*, pages 39–50. SCERÉN, CNDP-CRDP.
- M.E.N. (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. JO, 1er septembre 2019, n° 0203, texte 25.
- M.E.N.J. (2019). Enquête PROFETIC 2019 : connaître les pratiques numériques des enseignants du 1er degré.
- M.E.N.J.S. (2020). Programmes d'enseignement cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), cycle de consolidation (cycle 3) et cycle des approfondissements (cycle 4) : modification. Bulletin officiel de l'éducation nationale, n° 31 du 30 juillet.

M.E.S.R.I. (2018). Les effectifs en ESPE en 2017-2018. Note flash du 6 mai.

PARMENTIER, Y. (2018). Enseigner la pensée informatique à l'école primaire : formation initiale et continue des professeurs. *In Atelier "Organisation et suivi des activités d'apprentissage de l'informatique : outils, modèles et expériences" RJC-EIAH 2018*, Besançon, France.

POISARD, C., RIOU-AZOU, G., D'HONDT, D. et MOUMIN, E. (2016). Le boulier chinois : une ressource pour la classe et pour la formation des professeurs. *MathémaTICE*, 51.

SOLOMON, C. J. et PAPERT, S. (1976). A case study of a young child doing turtle graphics in LOGO. *In American Federation of Information Processing Societies*, pages 1049–1056, New York, NY, USA. AFIPS Press.

SUMMERS, M. (1990). New student teachers and computers : An investigation of experiences and feelings. *Educational Review*, 42(3):261–271.

TOULOUPAKI, S. et BARON, G.-L. (2019). *Apprendre à programmer à l'école primaire ? Une approche exploratoire en cycle 2*. Presses universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq.