

Enseigner l'algorithmique et la programmation aux cycles 3 et 4

DOMINIQUE SAUZEAU *

Le numérique change progressivement la société en investissant tous les domaines de notre vie quotidienne et tous les secteurs de l'économie. Aujourd'hui, apprendre à coder dès l'école revêt une importance éducative et sociétale. Voici un éclairage sur ce nouvel enseignement aux cycles 3 et 4.

Les nouveaux programmes de l'école et du collège (novembre 2015) introduisent l'algorithmique et la programmation dans un enseignement transversal dispensé à la fois dans le cadre des mathématiques et de la technologie. Ce nouvel enseignement permet d'acquérir des méthodes qui construisent la pensée algorithmique et développe des compétences dans la représentation de l'information et de son traitement, la résolution de problèmes et le contrôle des résultats.

L'introduction de cet enseignement n'est pas sans poser de problème aux professeurs des écoles souvent démunis devant cette nouvelle matière à enseigner, mais aussi aux enseignants de collège qui devront concilier les deux disciplines (mathématiques et technologie).

Quelles sont les exigences de ce nouvel enseignement dans les nouveaux programmes ? Quelle

MOTS-CLÉS

programmation,
capteur,
actionneur

place est donnée à la partie algorithmique et à la partie programmation dans les apprentissages ? Pour répondre au mieux à ces problématiques, nous avons conçu et rédigé deux ouvrages **1** à partir de l'expérience menée depuis plusieurs années par des enseignants des cycles 3 (CM1, CM2, 6^e) et 4 (5^e, 4^e, 3^e) avec leurs élèves sur des activités et des projets en programmation. Toutes les situations développées dans ces ouvrages sont directement inspirées des propositions d'activités citées dans les programmes.

De nouveaux programmes et de nouvelles contraintes

Quelles sont les exigences de ce nouvel enseignement dans les nouveaux programmes ?

Désormais, la programmation figure dans le nouveau brevet des collèges (session 2017) et fait partie du socle commun. Pour ce nouvel enseignement, les exigences des nouveaux programmes sont les suivantes.

Au cycle 3, les notions d'algorithmes et de programmes s'imposent en mathématiques et en sciences et technologie, comme le montre l'extrait des programmes **2**. Dans le cadre de l'initiation à la programmation, on y découvre, dans le champ des mathématiques, l'utilisation d'un robot ou d'un personnage à l'écran pour des activités de repérage ou de déplacement, en plus des activités classiques de numération et de géométrie propres à la discipline ; quant au champ des sciences et technologie, ce sont les objets programmables qui sont introduits. Cet enseignement est assuré pour les deux premiers tiers du cycle (CM1, CM2) par un seul enseignant, le professeur des écoles, qui pourra plus aisément donner du lien entre ces deux champs disciplinaires, à l'inverse des deux enseignants du collège pour la fin du cycle (6^e), qui devront se concerter.

Au cycle 4, les notions d'algorithmique et de programmation sont dispensées aussi bien en mathématiques qu'en technologie ; de fait, deux enseignants

* Professeur formateur Technologie sciences de l'ingénieur, Espé académie de Créteil, directeur de collection aux éditions Delagrave. Avec la participation de Carole Facq et Richard Colombani, professeurs des écoles, Richard Corne et Olivier Vogt, professeurs de mathématiques, Grégory Anguenot, Arnaud Turquois et Julien Launay, professeurs de technologie.



1 Cahiers d'algorithmique et de programmation des cycles 3 et 4

assurent cet enseignement conjointement. Comme le montre l'extrait des programmes 2, si les attendus de fin de cycle sont pratiquement identiques, les connaissances et compétences associées ne sont pas strictement similaires. En effet, on constate que chaque discipline garde sa spécificité : les compétences associées en technologie sont étroitement liées aux comportements et aux actions d'un système embarqué ou d'un objet connecté, alors qu'en mathématiques elles sont centrées sur les schémas de pensée « informatique ». Par conséquent, seule la volonté des équipes pédagogiques doit permettre de dépasser ce clivage et de mettre en place des pratiques harmonieuses au profit des élèves.

Pour répondre aux exigences du programme, nous avons proposé dans les deux ouvrages des ateliers et des projets dont les niveaux de difficulté sont progressifs et adaptés aux deux disciplines. En cycle 4 uniquement, les principes algorithmiques (variables, structures alternatives et répétitives, sous-programmes...) sont formalisés sous la forme d'un bilan selon le niveau de la classe.

Un nouvel enseignement de programmation conjoint en cycle 4, mais avec des pratiques différentes

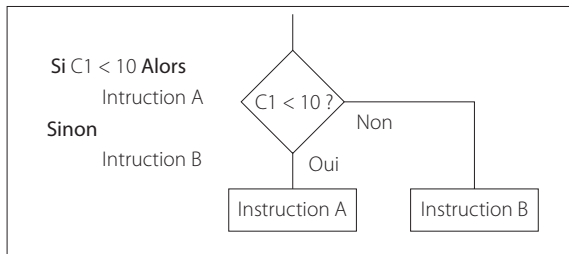
Malgré un enseignement conjoint, il existe deux différences notables entre les deux disciplines dans la façon de dispenser la programmation. La première est dans l'outil de représentation algorithmique : les enseignants de mathématiques décrivent un problème à résoudre à l'aide d'un algorithme, le plus souvent sous la forme d'un texte (au lycée à l'aide d'un logiciel d'algorithmique comme Algobox), tandis que les enseignants de technologie représentent généralement un problème à programmer à l'aide d'un algorithme. La deuxième différence se situe au niveau du logiciel de programmation : les programmes de mathématiques préconisent l'utilisation du logiciel graphique Scratch, mais rien n'est préconisé en technologie. En pratique, plusieurs logiciels sont utilisés : mBlock, Ardublock, Logicator, Blockly, etc.

Mathématiques	Sciences et technologie
Objectif de formation, volet 1	Connaissances
L'usage de logiciels de calcul et de numération permet d'approfondir les connaissances des propriétés des nombres et des opérations comme d'accroître la maîtrise de certaines techniques de calculs. <i>De même, des activités géométriques peuvent être l'occasion d'amener les élèves à utiliser différents supports de travail : papier et crayon, mais aussi logiciels de géométrie dynamique, d'initiation à la programmation ou logiciels de visualisation de cartes, de plans.</i>	Le stockage des données, notions d'algorithmes, les objets programmables.
Objectif de formation, volet 3	Compétences associées, volet 2
<i>Une initiation à la programmation est faite à l'occasion notamment d'activités de repérage ou de déplacement (programmer les déplacements d'un robot ou ceux d'un personnage sur un écran), ou d'activités géométriques (construction de figures simples ou de figures composées de figures simples).</i>	Repérer et comprendre la communication et la gestion de l'information. Exploiter un document constitué de divers supports (texte, schéma, graphique, tableau, algorithme simple). Mobiliser des outils numériques.

2 Extraits des programmes de mathématiques et de sciences et technologie en cycle 3 (partie informatique)

Mathématiques	Technologie
Attendu de fin de cycle	Attendu de fin de cycle
Écrire, mettre au point et exécuter un programme simple.	Écrire, mettre au point et exécuter un programme.
Connaissances	Connaissances
Notions d'algorithme et de programme. Notion de variable informatique. Déclenchement d'une action par un événement, séquences d'instructions, boucles, instructions conditionnelles.	Notions d'algorithme et de programme. Notion de variable informatique. Déclenchement d'une action par un événement, séquences d'instructions, boucles, instructions conditionnelles. Systèmes embarqués. Forme et transmission du signal. Capteur, actionneur, interface.
Compétences associées	Compétences associées
Décomposer un problème en sous-problèmes afin de structurer un programme ; reconnaître des schémas. Écrire, mettre au point (tester, corriger) et exécuter un programme en réponse à un problème donné. Écrire un programme dans lequel des actions sont déclenchées par des événements extérieurs. Programmer des scripts se déroulant en parallèle.	Décomposer le problème posé en sous-problèmes afin de structurer un programme de commande. Analyser le comportement attendu d'un système réel en fonction d'événements, de données ou d'informations transmises. Écrire, mettre au point (tester, corriger) et exécuter un programme commandant un système réel et vérifier le comportement attendu. Écrire un programme dans lequel des actions sont déclenchées par des événements extérieurs.

3 Extraits des programmes de mathématiques et de technologie en cycle 4 (partie informatique)



4 Algorithme en langage naturel et algorithme correspondant

Dans nos cahiers d'activités, nous avons volontairement écarté la représentation des algorithmes sous forme d'algorithme. En effet, celle-ci constitue souvent un frein pédagogique pour les enseignants de mathématiques, leurs élèves ayant souvent trop de difficultés à imbriquer les structures alternatives et à distinguer les structures répétitives du type « tant que » ou « répéter jusqu'à » sous une forme graphique. Nous avons préféré retenir l'idée d'exprimer un problème sous forme de texte 4 en utilisant les termes classiques des structures alternatives « si alors si » et répétitives (boucles) « répéter *n* fois »... L'expérience en classe montre que ce type de formulation facilite son appropriation par les élèves.

Enfin, nous avons choisi d'utiliser le logiciel de programmation mBlock qui est une extension robotique de Scratch pour nous concentrer sur un type d'apprentissage. L'extrait 5 du cahier cycle 4 montre le parallèle entre l'expression d'un problème sous forme de texte et sa programmation à l'aide du logiciel mBlock.

Quelle place est donnée à la partie algorithmique et à la partie programmation dans les apprentissages ?

Nous nous sommes appuyés sur les remarques du document d'accompagnement de la partie « informatique » en mathématiques : « Les programmes mettent surtout l'accent sur l'analyse d'un problème en vue de concevoir un algorithme, mais aussi sur la phase de programmation effective, indissociable d'une étape de mise au point. Cependant, il ne faut pas nécessairement insister sur une chronologie précise, ces trois phases avançant souvent en parallèle : la mise au point comprend la phase d'essais-erreurs où l'élève construit petit à petit un programme qui répond au problème qu'il s'est posé. De même, au moment de la programmation effective, l'élève peut se retrouver confronté à une question algorithmique qu'il n'avait pas prise en compte dès le départ.

[...]

En revanche, il ne faut pas négliger la phase de mise au point : le professeur peut évoquer, si la situation s'y prête, l'utilisation d'un jeu de test. Les élèves sont amenés à comparer leurs solutions algorithmiques et leurs programmes, ce qui les conduit à une première approche, informelle, de la documentation

5 Faire surveiller un espace par un robot (cahier cycle 4, projet 12)

Source : Grégory Anguenot, Robert Corne, Julien Launay, Dominique Saurzeau, Olivier Vogt, Cahier d'algorithmique et de programmation Cycle 4, Editions Delagrave, 2016.

d'un programme (commentaires et spécifications) » (extrait du cahier cycle 4 pour définir la place de ce nouvel apprentissage).

Dans les faits, les deux parties sont étroitement liées. Toute personne qui écrit un programme bascule en permanence entre l'algorithmique et la programmation et *vice versa*.

Enseigner l'algorithmique et la programmation en technologie

L'enseignement de l'algorithmique et de la programmation en sciences et technologie (cycle 3) ou technologie (cycle 4) nécessite l'utilisation d'un système programmable (robot, drone...) ou d'un objet connecté. Il implique également le recours à un langage de programmation dont les instructions relatives aux actionneurs et aux capteurs soient suffisamment simples à comprendre par les élèves 6.

Pour répondre à ces contraintes d'utilisation, nous avons choisi le robot mBot 7. Il s'agit d'un système modulaire simple et fiable qui regroupe des éléments mécaniques et des modules électroniques reposant sur la technologie Arduino et que l'on peut programmer avec le logiciel mBlock. À l'usage, ce robot est facile à exploiter aussi bien à l'école qu'au collège ; d'ailleurs, pour nos collègues de l'école primaire, des versions prémontées du mBot existent chez certains distributeurs et sont généralement intégrées dans une valise que plusieurs écoles peuvent se partager. Quant à la démarche pédagogique, elle est identique à celle des projets de mathématiques (labyrinthe, jeu de Pong, chiffre de César...).

Nous avons opté pour une situation-problème 8 que les élèves doivent résoudre en quatre étapes : analyse du problème, modification ou écriture d'un algorithme, écriture de tout ou partie du programme et mise au point du programme.

Pour conclure, donner des ordres à un ordinateur ou à un système embarqué, ce n'est pas seulement appuyer sur un bouton, mais communiquer avec lui dans un langage de programmation, c'est-à-dire coder, donc réfléchir, poser un schéma de pensée et écrire un algorithme. Avec ce cahier d'activité cycle 4, nous avons choisi de réunir deux disciplines, les mathématiques et la technologie, pour donner toute sa cohérence à ce nouvel apprentissage qu'est l'algorithmique et la programmation. Notre objectif est de rendre accessible la programmation en facilitant l'apprentissage autour d'activités ludiques. En outre, en maintenant les spécificités de chaque discipline, nous pensons que ces cahiers seront une véritable aide à la préparation du brevet. Ceci dit, rien n'empêche nos collègues bien entendu d'utiliser d'autres supports et d'autres méthodes pour aboutir aux mêmes résultats. ■



7 Robot mBot



6 Exemples de blocs d'instructions utilisés pour programmer le robot mBot avec le logiciel mBlock

EN LIGNE

Logiciel mBlock :

www.mblock.cc/download/

Vidéo de présentation du cahier cycle 3 :

<https://www.youtube.com/watch?v=qByu6seadM>

Vidéo de présentation du cahier cycle 4 :

<https://www.youtube.com/watch?v=gSnuXXrlZQI&t=31s>

Tous les liens sur <http://eduscol.education.fr/sti/revue-technologie>

PROJET 12 Faire surveiller un espace par un robot

e-vigilante est un robot qui se déplace de manière autonome à l'intérieur d'un entrepôt. Il effectue des rondes et prévient immédiatement la personne en charge de la surveillance lors de la détection d'un incident. Celle-ci peut alors prendre la main à distance et en temps réel sur le robot. Elle peut évaluer la situation grâce à la caméra, au micro et aux haut-parleurs intégrés. Le robot e-vigilante n'a donc pas été conçu pour remplacer l'agent de surveillance mais plutôt pour jouer le rôle d'accompagnateur. Sur le plan technique, le robot est doté d'une intelligence artificielle qui rend ses rondes imprévisibles pour les intrus. Ainsi, son parcours est aléatoire : il peut par exemple, à une intersection, choisir subitement de tourner à droite ou à gauche ou encore de faire demi-tour face à un obstacle. De plus, il gère seul son autonomie, décidant par lui-même d'aller se recharger.

Comment programmer un robot pour qu'il surveille un espace clos ?

Étape 1 Analyser le comportement d'un robot

1 Préciser la fonction du robot e-vigilante et son comportement lorsqu'il fait une ronde et qu'il détecte un intrus.

INFORMATIONS
Le robot mBot dispose d'un capteur ultrason qui renvoie la distance qui le sépare d'un obstacle (en centimètres). Caractéristiques : Distance de détection comprise entre 3 cm et 400 cm. Angle maxi de détection : 30 degrés.

2 En vous aidant du schéma ci-dessus, décrire dans le tableau le comportement du robot lorsque le capteur ultrason détecte un obstacle.

Situation A	Situation B	Situation C	Situation D
L'obstacle se situe entre 20 et 24 cm	L'obstacle est à plus de 25 cm	L'obstacle est à moins de 15 cm	L'obstacle se situe entre 15 et 19 cm

8 Situation-problème à résoudre (cahier cycle 4, projet 12)

Niveau 3

Étape 2 Modifier, compléter, écrire un algorithme

Compléter l'algorithme qui permet au robot d'éviter les obstacles. Il doit pouvoir se déplacer de manière autonome.

Algorithme

```

Si la distance de l'obstacle est inférieure à 25 cm alors
  Si la distance de l'obstacle est :
  Sinon
  Si la distance à l'obstacle est :
  Sinon
  Faire avancer le robot
    
```

Étape 3 Écrire un programme

Phase 1 : Détecter un obstacle et l'éviter

INFORMATIONS
Le robot avance à la vitesse = 100 * [vitesse par défaut donnée par le constructeur] pendant une demi-seconde. Le capteur ultrason est relié à un des quatre ports du robot (1, 2, 3 ou 4).

1 En vous aidant de l'algorithme (Étape 2), compléter ci-dessous le programme pour que le robot mBot puisse détecter et éviter les obstacles.

Aide
Programmation par bloc
Structure itérative qui permet de tester une condition. La condition permet de comparer deux valeurs ou de faire des opérations logiques (et, ou, non).
Ce bloc d'instruction permet de faire avancer le robot mBot à une vitesse déterminée (valeur par défaut 100).