



**HAL**  
open science

## Ingénierie des projets Savanturiers de l'ingénierie

Vincent Ribaud, Chabha Hireche, Arwa Khannoussi, Vincent Leilde, Cécile Plaud, Cyrielle Feron, Liz Kouassi, Awatef Mraïhi, Constance Rio

### ► To cite this version:

Vincent Ribaud, Chabha Hireche, Arwa Khannoussi, Vincent Leilde, Cécile Plaud, et al.. Ingénierie des projets Savanturiers de l'ingénierie. Colloque Education par la recherche, Jul 2018, Paris, France. hal-01839091

**HAL Id: hal-01839091**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-01839091v1>**

Submitted on 13 Jul 2018

**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.

# Ingénierie des projets Savanturiers de l'ingénierie

Vincent Ribaud, Chabha  
Hirèche, Arwa Khannoussi  
Lab-STICC UMR 6285  
29200, Brest, France  
prenom.nom@univ-brest.fr

Vincent Leildé, Cécile Plaud,  
Cyrielle Feron  
ENSTA Bretagne  
29200, Brest, France  
prenom.nom@ensta-bretagne.org

Liz Kouassi, Awatef Mraïhi,  
Constance Rio  
Université de Bretagne Occidentale  
29200, Brest, France  
prenom.nom@etudiant.univ-brest.fr

## RÉSUMÉ

Le dispositif des « filles qui... » est un projet de communauté éducative qui montre l'exemple des sciences numériques au féminin. Deux dispositifs nationaux, l'ASTEP (Education Nationale) et Savanturiers - École de la recherche (CRI Paris), et un dispositif du Finistère, Patrimoine local 2.0, fournissent le cadre des interventions : les « filles qui... » animent des séquences d'apprentissage de scratch et des outils numériques dans les écoles primaires et accompagnent des projets Savanturiers d'éducation par la recherche ou des projets de mise en valeur numérique du patrimoine local. Lors de la réalisation des projets Savanturiers, trois difficultés se sont rapidement faites sentir : la maturité technologique des enseignant.es, l'apprentissage de la conception et la disponibilité des mentors. En licence d'informatique, le projet terminal offre aux étudiant.es la possibilité d'une approche "apprendre en faisant" pour le développement de logiciels, en partant des exigences jusqu'à la qualification du produit par les tests. Afin de pallier aux difficultés mentionnées, nous avons mobilisé les projets terminaux de licence d'informatique en leur donnant comme "clients" les classes engagées dans les projets Savanturiers ; ce qui a réduit la portée technique des projets terminaux mais en a augmenté l'utilité "sociale" en leur donnant une finalité de support des projets Savanturiers.

## 1 INTRODUCTION

Un projet Savanturiers est un projet d'éducation par la recherche, orchestré par les enseignant.es, mené par les élèves accompagné.es par un mentor scientifique. Autour de Brest, 8 classes réalisent un projet Savanturiers : 3 classes de CP en humanités numériques et 5 classes en ingénierie. Trois difficultés se sont rapidement faites sentir : la maturité technologique des enseignant.es, l'apprentissage de la conception et la disponibilité des mentors. Nous avons tenté de pallier

à ces difficultés grâce à l'aide d'étudiant.es en fin de licence d'informatique qui ont produit des artefacts d'ingénierie pour les projets Savanturiers et quelquefois aidé à leur utilisation dans les classes. Cet article relate le déroulement de certains projets, les moyens mis en œuvre et une première analyse de cette expérience. La section 2 présente des éléments de contexte sur l'école primaire et les projets Savanturiers. La section 3 présente le dispositif des « filles qui... » qui est l'infrastructure où prennent place les projets Savanturiers décrits dans cet article. La section 4 présente les classes et leurs projets, et les difficultés rencontrées dans la section 5. La section 6 présente le contexte, les artefacts d'ingénierie produits pour les projets Savanturiers et une auto-évaluation des étudiant.es de licence. On conclut en section 7.

## 2 QUELQUES ÉLÉMENTS SUR L'APPRENTISSAGE PAR PROJETS

### 2.1 Objectifs significatifs du socle commun

Les textes officiels de la réforme de 2015 formulent les capacités attendues par les élèves de la scolarité obligatoire dans 5 domaines du socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Les éléments relatifs à une démarche de projet font partie des domaines 2 *Les méthodes et outils pour apprendre*, 4 *Les systèmes naturels et les systèmes techniques* et 5 *Les représentations du monde et l'activité humaine*. En [6], on trouve des éléments pour l'appréciation du niveau de maîtrise satisfaisant en fin de cycle 3 qui s'appliquent aux projets numériques et qui sont présentés dans la table 1.

### 2.2 Les Savanturiers de l'ingénierie

D'après le site des Savanturiers, l'éducation par la recherche désigne à la fois l'initiation des élèves aux méthodes et enjeux de la recherche et la posture de l'enseignant.e comme pédagogue-chercheur.e. La démarche scientifique proposée par les Savanturiers pour les projets de recherche menés par les enseignant.es se construit selon huit étapes : 1. recueil des questions des élèves, 2. construction d'un questionnement scientifique, 3. état de la connaissance, 4. proposition d'un protocole de recherche, 5. recherche et collecte de données, 6. organisation des données recueillies, 7. conclusion et 8. restitution.

Une distinction est effectuée pour les projets "Savanturiers de l'ingénierie" qui doivent suivre une logique de réponse à un besoin. Les Savanturiers recommandent une démarche en

Domaine	Éléments signifiants	Compétences attendues
2	Coopérer et réaliser des projets	Définir et respecter une organisation et un partage des tâches dans le cadre d'un travail de groupe, que ce soit pour un projet ou lors des activités ordinaires de la classe.
2	Mobiliser des outils numériques pour apprendre, échanger, communiquer	Utiliser des outils numériques pour réaliser une production.
4	Mener une démarche scientifique ou technologique, résoudre des problèmes simples	Mettre en œuvre un protocole expérimental, concevoir ou produire tout ou partie d'un objet technique. Communiquer sur ses démarches, ses résultats.
5	Raisonner, imaginer, élaborer, produire	Pratiquer diverses formes de créations littéraires et artistiques.

**Table 1: Éléments pour l'appréciation des compétences attendues en fin de cycle 3**

quatre étapes ; pour les projets "Savanturiers de l'ingénierie" présentés dans cet article, les étapes initialement envisagées suivaient un cycle d'ingénierie classique et simplifié : 1. définition du besoin, 2. analyse et conception, 3. réalisation et tests et 4. évaluation.

Pour les projets Savanturiers en humanités numériques, la démarche proposée est de définir et de réaliser une suite d'activités basée sur les verbes suivants : décider, organiser, numériser, structurer, exploiter, diffuser.

### 3 LE DISPOSITIF DES « FILLES QUI... »

#### 3.1 Objectif des « filles qui... »

Les « filles qui... » forment un collectif féminin d'étudiantes de l'université de Bretagne occidentale dont l'objectif principal est de montrer l'exemple au féminin dans les sciences du numérique. Les « filles qui... » animent un dispositif, appelé la fabrique, où les élèves de primaire peuvent pratiquer des sciences et des humanités numériques, notamment à l'aide des langages Scratch et Scratch Jr, et des robots mbot. Le dispositif des « filles qui... » fonctionne sous l'égide de deux programmes nationaux, ASTEP - Accompagnement en Science et Technologie à l'École Primaire (Éducation Nationale) et "Savanturiers - École de la recherche" (CRI Paris), et un dispositif de l'inspection académique du Finistère, Patrimoine local 2.0 (Brest Iroise).

#### 3.2 Cadre d'exercice pour les « filles qui... »

Plusieurs unités d'enseignement, en licence, master et doctorat, servent de cadre universitaire pour la participation des étudiantes au dispositif des « filles qui... ». Pour les étudiantes de licence de sciences et de lettres, animer des séquences d'apprentissage leur permet de montrer l'exemple, de découvrir l'école et le métier d'enseignante. Pour les étudiantes de licence et de master d'informatique, réaliser les projets en amont des élèves leur permet de mettre en œuvre un cycle d'ingénierie et la prise en compte des besoins des utilisateurs (les élèves). Pour les étudiantes en doctorat, le mentorat de projets leur permet de réfléchir sur et de présenter leur activité et leur démarche scientifique, et d'accompagner un projet d'éducation par la recherche.

#### 3.3 Les rôles du dispositif des « filles qui... »

La métaphore de la fabrique indique qu'on y pratique et ce, à tous les niveaux. Le dispositif des « filles qui... » met en scène cinq rôles qui se donnent la réplique. Les **apprenti.e.s** sont des élèves de l'école primaire (filles et garçons) qui pratiquent la programmation en Scratch et les outils numériques et réalisent des projets numériques. Les **ouvrières** sont des étudiantes de licence qui développent des cours et des exemples, interviennent dans les écoles pour animer des séances d'apprentissage, accompagnent les projets. Les **tutrices** sont des étudiantes de master ou des doctorantes, qui animent des projets numériques pour les élèves de primaire et soutiennent les apprentissages des autres filles. Les **professeur.e.s des écoles** définissent et conduisent les projets. Les **personnes-ressources** facilitent le fonctionnement du dispositif.

L'équipe actuelle des « filles qui... » comporte 38 filles de licence (anglais, biologie, breton, chimie, électronique, informatique, mathématiques, physique-chimie), 3 étudiantes en master et 3 doctorantes d'informatique. Cet article se concentrant sur les projets Savanturiers, la plupart des co-auteurs sont les « filles qui... » sont mentors de ces projets.

Comme il sera présenté à la section 6, les étudiant.es de licence d'informatique ont contribué, comme personnes-ressource, au développement des artefacts des projets Savanturiers.

#### 3.4 Une recherche-action naissante

L'ensemble du dispositif des « filles qui... » vise à être une organisation apprenante qui favorise la pratique des sciences numériques en général et la programmation en particulier. S'il est destiné en tout premier lieu aux élèves, le dispositif s'adresse aussi à toutes les parties prenantes qui, toutes et tous, y apprennent et s'y transforment. Cet article présente différents aspects de l'apprentissage par projets et propose une auto-évaluation des étudiant.es de licence d'informatique sur les projets et leurs rôles.

## 4 LES CLASSES ET LEURS PROJETS SAVANTURIERS

En 2017-2018, 3 classes de cycle 1, 9 classes de cycle 2 et 20 classes de cycle 3 sont bénéficiaires des séquences d'apprentissage dispensées par les « filles qui... ».

Ecole	Niveau	Mentor	Projet Savanturiers
Quizac, Brest (REP)	12 CP 12 CP 12 CP	Constance Rio	Informatique : un roman-photo numérique qui explore les merveilles de la ville de Brest
Joseph Signor, Landéda (bord de mer)	14 CE1 / 8 CE2	Vincent Ribaud Awatef Mraïhi	Biologie / Robotique : le langage des abeilles étude et simulation avec des robots mbot
Paul Dukas, Brest (REP)	8 CM1 / 14 CM2	Vincent Ribaud Arwa Khannoussi	Robotique : mission de reconnaissance et de recueil après une catastrophe
Quizac, Brest (REP)	8 CM1 / 16 CM2	Vincent Ribaud Liz Kouassi	Développement durable / Robotique : quelle(s) pollution(s) dans l'école ?
Joseph Signor, Landéda (bord de mer)	22 CM2	Cyrielle Feron	Mathématiques / Informatique : une machine à chiffrer et déchiffrer les messages
du Phare, Lilia (bord de mer)	8 CM1 / 14 CM2	Chabha Hirèche	Robotique : mon robot mbot fait des tâches à ma place

Table 2: Les classes engagées dans un projet Savanturiers

5 classes réalisent un projet "Savanturiers de l'ingénierie". 3 classes de CP réalisent conjointement un projet "Savanturiers en humanités numériques", projet qui a servi de modèle pour les 6 classes engagées dans un projet Patrimoine local 2.0. Les projets Savanturiers sont présentés dans la table 2.

#### 4.1 Un projet Savanturiers de l'ingénierie

Nous allons illustrer les activités d'ingénierie effectuées par les élèves de primaire.

**Cahier des charges.** La classe de CE1/CE2 de Carine Guillerm, de l'école Joseph Signor à Landéda, étudie le langage que les abeilles utilisent pour se transmettre des informations sur les zones de butinage. Lorsqu'une abeille a trouvé une source de nourriture, elle est capable de transmettre différentes informations à ses consœurs. Outre l'échange physique et chimique de nectar, l'abeille peut effectuer deux danses : la danse en rond lorsque la source est proche et la danse frétillante lorsque la source est à plus de 25 m. Le projet a pour but de reproduire le comportement des abeilles à l'aide de robots mbot.

**Expression du besoin.** La simulation du comportement comprend 4 parties liées entre elles : (a) Représentation du terrain : mettre en place la ruche, les robots et le champ de fleurs ; (b) Exploration : le robot explorateur cherche la nourriture, en trouve et revient à la ruche ; (c) Communication : le robot explorateur transmet les informations utiles aux autres robots ; (d) • Récolte : le ou les robots butineurs rejoignent le champ de fleurs.

**Analyse du problème.** On reconnaît un problème typique de communication entre deux entités, qui nécessite (au moins) trois étapes : (a) synthèse des informations à échanger chez l'émetteur, (b) transmission d'un message, (c) interprétation du message en informations significatives pour le receveur.

**Décomposition du problème et structuration.** Une fois la situation-type reconnue, on peut décomposer le problème et structurer sa résolution en sous-problèmes. Selon la familiarité des élèves avec la problématique du butinage des abeilles, l'enseignante intervient plus ou moins sur la structuration

des connaissances : qu'est ce qu'une abeille exploratrice ? que cherche-t-elle ? que doit-elle recueillir comme informations à transmettre à ses congénères ? comment les transmettre ? comment sont-elles comprises ? qu'en font les autres abeilles ?

**Analyse des sous-problèmes.** L'enseignante et les mentors guident les élèves vers la formulation des sous-problèmes et des hypothèses de résolution. Un schéma général de résolution est préparé par les mentors, qui peut être le suivant. *Simulation du terrain* : le champ de fleurs à découvrir est une feuille de papier posée quelque part dans la classe. *Départ en exploration* : un robot explorateur part de la ruche, il s'arrête quand il a détecté la feuille ; il mesure l'angle par rapport à la ruche et la distance. *Retour de mission* : après être revenu à la ruche, le robot-explorateur transmet l'angle et la distance aux autres robots par message infrarouge. *En route* : les robots-butineurs partent en direction du "champ" et s'arrêtent sur la feuille.

La démarche d'investigation recommence pour chaque sous-problème. Si on prend l'exemple de la recherche du "champ", c'est une situation-type à reconnaître qu'on retrouve dans plusieurs projets de robotique : comment explorer un espace inconnu ? Une fois le problème de l'exploration posé, il faut décomposer en sous-problèmes : mémoriser le point de départ, quadriller la classe, éviter les obstacles, trouver le "champ".

**Synthèse des solutions possibles.** L'analyse (généralement descendante) donne des solutions - par exemple, utiliser le capteur de distance pour reconnaître les obstacles et le capteur de couleur pour reconnaître le "champ" - qui doivent être assemblées pour obtenir un schéma opérationnel.

**Diriger l'attention des élèves sur les connaissances construites et les compétences développées : métacognition.** Les moments axés sur la métacognition, dirigés par les enseignants, visent à ce que les élèves réalisent leur évolution et leurs progrès et qu'elles et ils puissent leur attribuer un certain degré de certitude, développant ainsi leur autonomie pour des actions ultérieures.

## 4.2 Un projet Savanturiers en humanités numériques

Nous allons illustrer la suite d'activités proposées pour ce type de projet. Les trois classes de CP de Bénédicte Blineau, Gaëlle Laizet, Catherine Le Cru, de l'école Quizac à Brest, réalisent un scrapbook numérique sur la ville de Brest.

**Décider.** L'idée est venue des accompagnatrices : raconter les merveilles de la ville de Brest à un étranger. Les enseignantes se sont emparées du projet en y intégrant toutes les sorties scolaires prévues dans l'année : visite du château, d'une tour militaire, des animations de Noël, d'une ferme ; séance de cinéma ...

**Organiser.** Les enseignantes ont préparé le pilotage du projet avec les accompagnatrices ; elles ont établi l'organisation en ateliers. Les 36 élèves sont divisés en 6 groupes de 6 et chaque adulte (enseignantes, enseignant référent numérique et accompagnatrices) animent un atelier avec le même groupe pendant 6 séances. Les enseignantes se sont attribuées des activités qu'elles maîtrisaient : arts plastiques, production d'écrit, mise en scène. Elles ont confié les activités numériques à l'enseignant référent numérique et aux accompagnatrices.

**Numériser.** Les élèves ont été formé.e.s à Scratch Jr et à l'usage des tablettes par les « filles qui ... » au premier semestre. Lors des sorties scolaires, les enfants ont pris des photographies, enregistré des séquences sonores et tourné des vidéos.

**Structurer.** Par exemple, dans l'atelier Book Creator, les élèves ont appris à créer des livres, à importer des illustrations, à y écrire des textes préparés en classe en utilisant une typographie uniforme.

**Exploiter.** Cette étape a eu lieu lors d'une semaine complète dédiée au projet où les enfants par groupe de 4 ont mis en application les connaissances acquises lors de l'atelier BookCreator. Il est cependant revenu aux accompagnatrices d'assembler les ressources numériques selon le scénario projeté par les enseignantes afin de garantir le succès du projet.

**Diffuser.** Le livre a été diffusé lors d'une séance spéciale devant les classes de moyenne et grande section, les classes de CP et de CE1. La retombée la plus médiatique du projet est de donner l'accès aux parents et amis au livre numérique réalisé avec BookCreator.

## 5 DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

### 5.1 Un ticket d'entrée technologique à payer

En France, depuis 1996, l'opération *La main à la pâte* et la fondation de coopération scientifique éponyme soutiennent les professeur.es dans leurs initiatives pour faire pratiquer les sciences à leurs élèves. C'est d'ailleurs un partenariat entre cette fondation, des écoles d'ingénieurs et des universités qui a permis la mise en place de l'ASTEP (Accompagnement en Science et Technologie à l'École Primaire), l'idée initiale étant de permettre à des étudiant.es de seconder les enseignant.es lors de la mise en œuvre de telles démarches. Jasmin [4] met en avant des rôles distincts pour l'élève, l'enseignant.e et l'accompagnateur.trice scientifique dans une

situation qualifiée de gagnante-gagnante. L'élève éprouve sa capacité à faire des sciences et, par la confrontation de son approche avec un spécialiste, y trouve une source de motivation et un plaisir partagé. L'enseignant.e, bien plus souvent formé.e en lettres qu'en sciences, découvre que les sciences sont abordables, prend de l'assurance, consolide sa maîtrise des contenus. L'accompagnant.e scientifique incarne le métier de scientifique et reconsidère ses connaissances et son propos face à un jeune public.

De notre point de vue, les séances d'accompagnement se sont presque toutes heurtées à un problème pratique : le nombre de postes de travail dans la salle informatique. Ce problème a le plus souvent été résolu en effectuant les séances en demi-classe, une demi-classe avec les accompagnatrices et l'autre demi-classe avec l'enseignant.e responsable de la classe. Pour les accompagnatrices, c'est certes une situation féconde et riche en expérience, car les étudiantes passent du statut d'accompagnatrice à celui d'apprentie-maitresse et se retrouvent en situation de responsabilité face à la demi-classe. Cependant, l'enseignant.e n'est plus accompagné.e mais remplacé.e, et même si les élèves se familiarisent avec les technologies numériques, l'enseignant.e y gagne peu sauf un peu de répit dans le cas de classes chargées. Wojcieszak et Zaid, dans leur étude du dispositif ASTEP, mettent en avant deux types de médiations didactiques, l'une scientifique - celle de l'enseignant.e - et l'autre d'expertise scientifique - celle de l'accompagnateur.trice. Nous avons très peu constaté cette situation dans notre pratique de l'ASTEP et des projets Savanturiers où la médiation est essentiellement technologique et portée par les étudiantes.

Dans une recherche destinée à évaluer et développer l'ASTEP, Lafosse-Marin et Jeanbart [5] constatent que « la situation duelle traditionnelle correspondant à une dissymétrie de compétence entre professeur-expert et élèves-novices disparaît au profit d'une situation triadique multiforme. » Du peu de recul que nous avons de cet accompagnement, on constate effectivement, dans le cas d'enseignant.es qui n'ont pas de pratique des outils numériques, que les enseignant.es se placent avec les élèves dans un statut de « novice » et situent alors l'accompagnatrice comme l'experte ou la personne-ressource pour elles et eux, même si elle est étudiante et donc encore élève dans ce domaine.

### 5.2 Difficulté d'apprentissage de la conception

L'informatique à l'école primaire est fortement influencée par le constructionnisme, la théorie de l'apprentissage développée par Papert et Harel [8], qui voit l'apprentissage comme un processus où l'apprenant.e construit ses connaissances en interagissant avec l'objet d'étude. D'où l'idée qu'on apprend la programmation en étant consciemment occupé.e à construire des programmes. Il est difficile de présenter des algorithmes complexes à des enfants alors qu'on peut leur faire manipuler des parties de programmes complexes. Un des buts de la communauté Scratch en ligne, d'après Brennan et Resnick, est de faciliter la réutilisation et le remix pour les jeunes concepteurs.trices en les aidant à trouver des idées et

du code qui serviront de base pour créer des choses beaucoup plus complexes qu'il.elles auraient pu créer tou.tes seul.es [2].

Si on considère un programme comme un objet avec lequel on peut agir, alors un algorithme est une abstraction de cet objet, et écrire un algorithme est une activité de conception. Le principal ressort de cette activité de conception est la décomposition d'un problème apparemment difficile en des sous-problèmes que nous savons résoudre, ce que Jeannette Wing formule de la manière suivante : "Penser informatique-ment, 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."

En théorie, l'apprentissage de la conception se fait lors d'allers-retours entre les problèmes posés par les projets et les éléments de solution que l'on met en face. En théorie, l'expression du besoin est un moment où l'on met en exergue les éléments importants parmi les informations prises en compte et les savoirs nécessaires. En théorie toujours, la structuration hiérarchique du problème est, selon le degré d'expertise des élèves, soit conduite par les encadrant.es du projet, soit déléguée aux élèves mais validées par les encadrant.es. Et il devrait s'en suivre une période de réflexion où les élèves doivent mettre leurs connaissances et leurs compétences comme des instruments, des outils ou des ressources au service de l'action réfléchie [10].

En pratique, nous avons constaté que les élèves savent réutiliser des savoir-faire dans des situations assez proches, mais de même niveau. Mais la quasi-totalité des élèves est bloquée lorsqu'il faut changer de niveau d'abstraction, comme dans les phases de conception des sous-problèmes et d'assemblage des sous-solutions. La solution adoptée est d'augmenter la puissance d'expression du langage de programmation en fournissant des nouveaux blocs, pour l'enfant ce sont des blocs de même niveau que les blocs de base, mais en réalité, ces blocs (sous-programmes) permettent de masquer la complexité.

### 5.3 La position des mentors

Selon la formule du site des Savanturiers, le programme s'emploie à convoquer la figure du chercheur à l'école pour faire émerger et/ou accroître le questionnement, la curiosité, la rigueur, l'esprit critique et la créativité. Ces objectifs s'appliquent certes à un projet d'ingénierie mais l'objectif premier de l'ingénierie est de répondre au besoin exprimé en concevant et en mettant en œuvre une solution généralement assemblée à partir de composants existants. Les mentors-chercheurs, en doctorat ou en poste à l'université, ne sont pas familiers de cette posture d'ingénierie, ce qui explique sans doute le partenariat des Savanturiers avec la fondation Thalès.

D'ailleurs, parmi les ressources du site des Savanturiers, on trouve le témoignage d'Amine Hjjiej [3], ingénieur chez Thalès, qui fait le bilan de deux projets Savanturiers, le premier assez simple et assez réussi avec une présence assez soutenue, le deuxième plus complexe, moins réussi et avec une présence jugée insuffisante. A. Hjjiej conclut sur l'équilibre à trouver

entre ces deux premières expériences : la présence auprès des élèves, et la présence auprès des enseignants.

Que les mentors soient doctorant.es, enseignant.es-chercheur.es ou ingénieur.es, force est de constater que la ressource critique est le temps. Cela pose un problème de durabilité (*sustainability*) des projets Savanturiers : comment trouver les ressources en mentorat, et cela pose aussi un problème de reproductibilité pour les professeur.es des écoles : peut-on et doit-on reprendre un projet Savanturiers d'une année antérieure.

## 6 PRODUCTION D'ARTEFACTS POUR LES PROJETS SAVANTURIERS

Face aux difficultés évoquées dans la section précédente, nous avons cherché à apporter des ressources supplémentaires pour soutenir les projets Savanturiers, principalement des artefacts d'ingénierie visant à réduire la complexité des projets. Ceci a été réalisé dans le cadre du projet terminal de la licence d'informatique (*capstone*, littéralement clé de voûte) et évoqué dans cette section.

### 6.1 Contexte

Le curriculum établi par l'ACM (*Association for Computing Machinery*), société savante mondiale pour l'informatique, énonce l'exigence terminale suivante pour un programme de licence en informatique : "la démonstration que chaque étudiant.e a intégré les différents éléments de la licence d'informatique en ayant entrepris, mené à son terme et présenté un projet terminal [9]."

Le projet terminal offre aux étudiant.es la possibilité d'une approche "apprendre en faisant" pour le développement de logiciels, en partant des exigences jusqu'à la qualification du produit par les tests. De facto, l'avancement d'un tel projet est soutenu et contrôlé par des processus d'ingénierie du logiciel. Ces processus aident les étudiant.es à prendre conscience de et à améliorer ce qu'elles ou ils font, surtout quand les processus sont placés dans une perspective d'ensemble et qu'une évaluation continue renseigne les étudiant.es sur la maturité de leurs pratiques et la qualité de leur production.

### 6.2 Organisation

Le projet terminal, appelé projet de synthèse, prend place dans le cursus - en trois ans - de la licence d'informatique délivrée par l'université de Bretagne occidentale. Le projet de synthèse, d'une durée de deux semaines, a eu lieu en avril 2018, après les examens terminaux et juste avant le départ en stage de fin d'études. Les étudiant.es sont supposé.es connaître et mettre en œuvre le cycle d'ingénierie ci-dessous. Nous utilisons une représentation colorée des phases, destinée à faciliter leur mémorisation :

**expression du besoin (rouge).** L'expression du besoin établit le cahier des charges du projet, vu du côté du client et exprimée dans ses termes métiers.

**analyse des exigences (orange).** L'analyse des exigences formule les exigences du client pour le logiciel sous la forme de spécifications fonctionnelles et techniques.

**conception générale (jaune).** La conception générale identifie une solution satisfaisant aux exigences, définit sa décomposition en constituants et son architecture, alloue à chacun des constituants les exigences de plus haut niveau. A l'issue de la conception générale, la planification de la validation des exigences est organisée dans le plan de tests du logiciel.

**conception détaillée (verte).** La conception détaillée d'un constituant prend les exigences du constituant et décompose, architecture et alloue ces exigences à des constituants de plus bas niveau, éventuellement au niveau d'un langage de programmation.

**codage et tests unitaires (bleue).** C'est l'activité de programmation des constituants et de leurs tests indépendamment de leur intégration dans des constituants de plus haut niveau, elle produit le code source du logiciel.

**intégration et test d'intégration (indigo).** C'est l'activité qui assemble les constituants et teste leur fonctionnement comme un tout organisé. A l'issue de l'intégration, l'organisation détaillée des tests est décrite dans la description de test du logiciel.

**test du logiciel (violet).** C'est l'activité qui consiste à vérifier la conformité du logiciel par rapport à son référentiel et en particulier qu'il respecte l'intégralité des exigences spécifiées.

Les étudiant.es sont environ 45, réparti.es dans des groupes d'une quinzaine d'élèves. Elles et ils disposent d'une salle dédiée où on leur demande six heures de présence minimum par jour. Le projet est réalisé en binôme, exceptionnellement seul.e. Un enseignant est présent au moins quatre heures par jour dans la salle et effectue une évaluation continue pronostique, formative et sommative. Les étudiant.es sont donc renseigné.es en permanence sur l'avancement de leur projet et l'évaluation qui y est liée. A l'issue du projet de synthèse, une démonstration permet aux étudiant.es de présenter et défendre leur projet.

### 6.3 Des projets et une ingénierie pour les élèves de primaire

Parmi les auteur.es de cet article, deux sont les enseignants du projet de synthèse. A la faveur d'un changement d'accréditation avec le ministère, nous avons réorienté le projet de synthèse en introduisant deux changements majeurs : (i) les "clients" des projets sont les classes engagées dans les projets Savanturiers ; (ii) la portée technique a été réduite au profit de l'ergonomie, c.à.d. que les aspects techniques - des robots éducatifs programmables en Scratch - sont facilement acquis par des licenciés en informatique, en revanche la dimension éducative et la finalité de support des projets Savanturiers apportent des questions supplémentaires et complexes.

Les cinq projets Savanturiers de l'ingénierie, listés dans la table 2, ont donc été proposés aux étudiant.es de licence ainsi que deux projets exploratoires pour quelques étudiants réalisant le projet seul. La documentation du projet a été déposée dans le site <https://openlab.makeblock.com> où les

utilisateurs de mblock partagent leurs projets. La possibilité d'aller mettre en place les artefacts produits dans les classes concernées était gratifiée par un bonus sur l'évaluation finale. Sans surprise, les deux projets les plus aboutis sont ceux des étudiant.es qui ont joué le jeu jusqu'au bout et ont été former les élèves à l'utilisation de leurs artefacts. Ce sont ces deux projets dont il sera discuté dans la suite de cet article.

Les projets Savanturiers de l'ingénierie suivent un cycle simplifié. Nous utilisons la représentation colorée des phases, puisque nous avons conservé les phases essentielles :

**expression du besoin (rouge).** L'expression du besoin décrit le projet en quelques lignes. On y établit ce qu'il y a à faire et quels seront les matériels (e.g. capteurs) et logiciels (e.g. mblock) utilisés.

**conception (jaune).** La conception divise le système à réaliser en différents programmes et décrit ce que chaque programme doit faire.

**programmation (bleue).** On y réalise les programmes et éventuellement on les assemble.

**évaluation (violet).** On vérifie que le projet marche : à peu près, de manière satisfaisante ou très bien.

### 6.4 Mission Pollution

La classe de CM1/CM2 d'Emmanuelle Boguenet, de l'école Quizac à Brest, effectue un travail de recherche sur la qualité environnementale de l'école et notamment sur la pollution sonore et atmosphérique. Le projet Savanturiers a pour but de recueillir des données environnementales à l'aide d'un robot mbot et d'afficher ces données sur un ordinateur situé dans la classe.

*Accompagnement du projet par les étudiant.es.*

Dans chacun des trois groupes, un binôme a choisi ce projet. Deux binômes ont coopéré pour converger vers une solution commune, c'est celle là qui a été déployée dans la classe lors de deux séances. Lors de la première séance, les quatre étudiant.es ont pu appréhender le niveau d'attention et de compréhension d'une classe de REP (Réseau d'éducation prioritaire) et ont formé les élèves à la prise de mesure, l'affichage d'une valeur et le test de dépassement d'un seuil. Les étudiant.es ont aussi interviewé la professeure des écoles sur son projet et mieux mesuré les difficultés et ce qui pouvait fonctionner.

La deuxième séance a eu lieu la semaine suivante avec deux accompagnatrices, les enfants ont mesuré le bruit et le gaz en utilisant les blocs fournis et travaillé sur la notion de seuil et d'alerte.

Les deux dernières séances ont eu lieu en fin d'année scolaire avec trois accompagnatrices. Les élèves ont finalement décidé de mesurer le bruit dans la cantine et lors des récréations. Les élèves ont appris à contrôler le robot à partir de tablettes et ont collecté des mesures de bruit pendant une semaine. Enfin, sous la conduite de l'enseignante, les élèves ont étudié leurs données, comparé leurs résultats avec leurs hypothèses initiales et émis des conclusions.

Phase	Travail réalisé	Résultats
Besoin	Étude des différents actionneurs, capteurs et moyens de communication des robots mbot qui vont être utilisés pour le recueil de données et leur enregistrement.	Liste des modules électroniques avec leurs fonctionnalités à employer : capteur de son et capteur de gaz.
Conception	Le projet de surveillance de la pollution sonore et atmosphérique comprend plusieurs aspects : <ul style="list-style-type: none"> <li>— Mesure mobile : à la demande, le robot va au point de mesure, recueille les données d'environnement et revient à sa base.</li> <li>— Mesure fixe : sur une base régulière et programmée, le robot recueille les données d'environnement.</li> <li>— Enregistrement : les mesures fixes ou mobiles effectuées par le robot sont transmises et stockées de manière persistante.</li> <li>— Traitement : à partir des données recueillies et selon des paramètres choisis par l'utilisateur (intervalle temporel, zone spatiale, type de mesure), les données sont affichées sous forme de courbes et de diagrammes.</li> </ul>	Diagramme de décomposition de la solution ainsi que la description intelligible par un élève de primaire des différents éléments de la solution. <i>Exemple : Le programme se découpe en trois parties. La première partie (bloc initialiser) permet de commencer proprement le programme. Ensuite, on utilise une boucle répéter indéfiniment qui contient deux autres parties. La deuxième partie (bloc piloter le robot) permet de déplacer le robot et de prendre des mesures. La troisième partie (bloc afficher les mesures) permet de voir les mesures.</i>
Réalisation	Développement de la solution puis « packaging » sous la forme d'un ensemble de programmes Scratch pouvant être assemblés par les élèves afin de réaliser le projet.	Programmes réalisés : <i>initialiser, piloter le robot, prendre les mesures, afficher les mesures en diagramme, afficher les mesures en courbes.</i>
Évaluation	Description du projet dans le site partagé <a href="https://openlab.makeblock.com/topic/5ac5ecb9d441d3dd0d06f9eb">https://openlab.makeblock.com/topic/5ac5ecb9d441d3dd0d06f9eb</a>	En ligne : vidéos, photos, documentation, programmes.

Table 3: Ingénierie du projet Mission Pollution

## 6.5 Chiffrer et déchiffrer des messages

La classe de CM2 de Stéphanie Berthelot, de l'école Joseph Signor à Landéda, étudie comment des messages peuvent être transmis d'un émetteur à un receveur en utilisant des techniques de cryptographie (chiffrement et déchiffrement). Le projet a pour but de chiffrer des messages, de les transmettre avec des robots, et de les déchiffrer. La restitution du projet, sous la conduite de la doctorante en cryptographie, mentor du projet, se fait lors de la visite des CM2 à leur futur collège, le collège du Pays des Abers à Lannilis, lors d'un atelier de cryptographie avec une classe de sixième et son professeur de mathématiques, Émilie Gueguen.

*Accompagnement du projet par les étudiant.es.*

Dans chacun des trois groupes, un binôme a choisi ce projet. La restitution finale étant complexe, plusieurs séances de travail ont eu lieu avec les enseignantes, avec les différents binômes qui ont ainsi compris ce qui leur était demandé et formé les enseignantes à la programmation d'un code de César avec Scratch et à l'envoi de messages avec des robots mbot. Lors d'une séance à l'école, un binôme d'étudiants a formé les élèves de CM2 aux mêmes techniques.

L'atelier au collège a mobilisé la mentor du projet et quatre assistantes et 24 robots. Chaque CM2 était en binôme avec un sixième et chaque enfant avait un robot qui lui a permis d'envoyer puis de recevoir les messages chiffrés. Le chiffrement et le déchiffrement ont été réalisés avec les programmes Scratch réalisés par les étudiants de licence d'informatique.

## 6.6 L'aide aux apprentissages

Le procédé naturellement employé par des étudiant.es en informatique est la pratique de l'analyse fonctionnelle avec des boîtes noires, qui décompose les fonctions en fonctions plus simples. "Cette décomposition permet de dominer la complexité, en particulier en considérant des boîtes noires, c'est-à-dire des composants dont on n'a pas besoin, à un certain niveau d'utilisation de compréhension, d'analyser le fonctionnement interne [7]." Comme le soulignent Bordallo et Ginestet [1], l'emploi des boîtes noires est pédagogiquement justifié parce qu'elle préserve l'intérêt des élèves en n'allongeant pas démesurément les projets et parce qu'elle correspond à un fonctionnement systémique de l'esprit humain.

## 6.7 Évaluation des étudiants

En début de projet, il a été demandé aux étudiant.es leur consentement pour l'observation de leur travail, et leur participation en répondant à un questionnaire composé de trois parties. La première partie est relative à l'évaluation de l'environnement pédagogique. La deuxième partie est une auto-évaluation de son rôle dans le projet de synthèse. Nous utilisons les quatre rôles proposés par Tardif comme significatifs du paradigme d'apprentissage [10]. La troisième partie permet de donner son ressenti sur les objectifs du projet.



Phase	Travail réalisé	Résultats
Besoin	Étude des différents techniques de codage : Grille de Fleissner, Code de César, Scytale, Code des Templiers, Code des Francs Maçons. Etude des moyens de communication des robots mbot.	Choix du code de César. Tests des capacités des robots mbot à émettre et à recevoir des messages par liaison infrarouge.
Conception	Le projet comprend 3 parties liées entre elles : <ul style="list-style-type: none"> <li>— Chiffrement : coder le chiffrement à l'aide d'un code de César.</li> <li>— Communication : un robot émetteur transmet un message secret à un robot récepteur.</li> <li>— Déchiffrement : coder le déchiffrement à l'aide d'un code de César.</li> </ul>	Décomposition et description intelligible de la solution pour un élève de primaire. <i>Exemple : Depuis des siècles, le cryptage permet d'empêcher de voir ses messages se faire intercepter. Un des plus connus est le "code de César". Le principe est de remplacer chaque lettre par une autre, en suivant un décalage fixe qui est le même pour chaque lettre.</i>
Réalisation	Développement de la solution puis « packaging » sous la forme d'un ensemble de programmes Scratch pouvant être assemblés par les élèves afin de réaliser le projet.	Programmes réalisés : <i>demande décalage, trouver caractère, dépassement modulo, chiffrement, déchiffrement, affichage.</i>
Évaluation	Description du projet dans le site partagé <a href="https://openlab.makeblock.com/topic/5ac8ecced441d3dd0d0774ec">https://openlab.makeblock.com/topic/5ac8ecced441d3dd0d0774ec</a>	En ligne : documentation, programmes.

**Table 4: Ingénierie du projet Une machine à chiffrer et déchiffrer les messages**

La table 5 présente les différentes questions du questionnaire, avec 5 réponses possibles : tout à fait d'accord (d'ac), plutôt d'accord (+d'ac), ni d'accord ni pas d'accord (ni-ni), plutôt pas d'accord (-d'ac), pas du tout d'accord (pad'ac). La dernière colonne chiffre la totalité des réponses en valuant les réponses ainsi : tout à fait d'accord (5), plutôt d'accord (4), ni d'accord ni pas d'accord (3), plutôt pas d'accord (2), pas du tout d'accord (1). 41 étudiant.es sur 45 ont répondu. On constate que les évaluations sont très positives, particulièrement la finalité de faire des projets pour les classes de primaire.

## 7 CONCLUSION

Par la combinaison de plusieurs opportunités, le dispositif des « filles qui... » veut être une organisation apprenante favorisant la pratique des sciences, humanités numériques et technologies. Ouvrières et tutrices maintiennent le practicum (l'endroit où on pratique), appelé la fabrique. Les élèves de l'école élémentaire en sont les premiers bénéficiaires, mais cela bénéficie aussi aux autres intervenantes et intervenants du dispositif : étudiantes, professeur.e.s des écoles, personnels de l'université.

Lors de la réalisation des projets Savanturiers, trois difficultés se sont rapidement faites sentir : la maturité technologique des enseignant.es, l'apprentissage de la conception et la disponibilité des mentors. Pour pallier à ces difficultés, nous avons mobilisé les projets terminaux des étudiant.es en licence d'informatique en leur donnant comme "clients" les classes engagées dans les projets Savanturiers ; la portée technique a été réduite au profit de l'ergonomie, c.à.d. que les aspects techniques - des robots éducatifs programmables en Scratch - sont facilement acquis par des licenciés en informatique, en

revanche la dimension éducative et la finalité de support des projets Savanturiers apportent des questions supplémentaires et complexes. Deux projets ont particulièrement bénéficié de cette mobilisation, mais l'ensemble des étudiant.es a apprécié les aspects concrets et ludiques des projets Savanturiers ainsi que les finalités éducatives de leurs propres projets terminaux.

## RÉFÉRENCES

- [1] Isabelle Bordallo and Jean-Paul Ginestet. 2006. *Pour une pédagogie du projet*. Hachette Éducation.
- [2] Karen Brennan and Mitchel Resnick. 2012. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada*. 1–25.
- [3] Amine Hjej. 2017. Enjeux et méthodes de l'ingénierie. <https://les-savanturiers.cri-paris.org/wp-content/uploads/2017/12/formation-inge-ment-hjiej-10-2017>.
- [4] D. Jasmin. 2009. Catch them young : university meets primary school. *Science in School* 11 (2009), 44–51.
- [5] Marie-Odile Lafosse-Marin and Paula Jeanbart. 2009. L'accompagnement en sciences et technologies à l'école primaire : un enseignement collaboratif pour un meilleur partage des savoirs. *Revue GN n 83* (2009).
- [6] MENESR. 2016. Document d'accompagnement pour l'évaluation des acquis du socle commun de connaissances, de compétences et de culture. [https://disciplines.ac-toulouse.fr/mathematiques/sites/mathematiques/files/college/rae\\_evaluation\\_so](https://disciplines.ac-toulouse.fr/mathematiques/sites/mathematiques/files/college/rae_evaluation_so)
- [7] Claude Pair. 1987. La technique dans l'école d'aujourd'hui. *Cibles* 4 (Mai 1987).
- [8] Seymour Papert and Idit Harel. 1991. *Constructionism*. Ablex Publishing Corporation.
- [9] Russell Shackelford, Andrew McGettrick, Robert Sloan, Heikki Topi, Gordon Davies, Reza Kamali, James Cross, John Impagliazzo, Richard LeBlanc, and Barry Lunt. 2006. Computing curricula 2005 : The overview report. In *ACM SIGCSE Bulletin*, Vol. 38. ACM, 456–457.
- [10] Jacques Tardif and Annie Presseau. 1998. *Intégrer les nouvelles technologies de l'information : quel cadre pédagogique ?* ESF.

Le projet de synthèse	d'ac	+d'ac	ni-ni	-d'ac	pad'ac	moy.
J'ai eu le temps nécessaire pour apprendre et réaliser le projet.	29	11	0	1	0	4,66
J'ai trouvé que le projet était complexe.	1	10	16	14	0	2,95
Je me suis investi pour réaliser le projet.	19	22	0	0	0	4,46
J'ai trouvé que le projet était réaliste.	14	20	6	0	1	4,1
J'ai du approfondir mes connaissances pour réaliser le projet.	3	21	12	3	2	3,48
J'ai pu améliorer mes méthodes de travail grâce au projet.	2	12	22	3	2	3,22
Mes rôles dans le projet de synthèse	d'ac	+d'ac	ni-ni	-d'ac	pad'ac	moy.
<i>investigateur</i> : j'ai discuté avec les autres étudiant.e.s de mes questions sur le projet et/ou j'ai débattu de mes solutions.	17	21	2	1	0	4,29
<i>coopérateur parfois expert</i> : j'ai expliqué certains points du projet à d'autres étudiant.e.s et/ou je me suis fait expliquer certains points.	15	22	2	1	0	4,22
<i>clarificateur</i> : j'ai questionné l'enseignant ou des étudiant.e.s afin de m'assurer de ma bonne compréhension du projet et de l'adéquation de mes propositions. and differences.	13	21	5	2	0	4,1
<i>utilisateur stratégique des ressources disponibles</i> : j'ai utilisé les ressources fournies et/ou des ressources supplémentaires et j'en ai vérifié la pertinence.	20	17	3	1	0	4,37
Mon ressenti sur le projet Savanturiers	d'ac	+d'ac	ni-ni	-d'ac	pad'ac	moy.
Besoin : le sujet du projet est bien adapté à des élèves de primaire.	12	16	10	3	0	3,9
Conception : la conception du projet est bien adaptée à des élèves de primaire.	5	14	14	7	1	3,37
Réalisation : la réalisation du projet est bien adaptée à des élèves de primaire.	6	12	14	7	2	3,27
J'apprécie que le projet soit utilisé par des classes de primaire.	24	17	0	0	0	4,58
J'apprécie de pouvoir faire une démonstration ou des vidéos pour les élèves.	15	18	7	1	0	4,15

Table 5: Questionnaire d'évaluation du projet et d'auto-évaluation des rôles des étudiant.es