

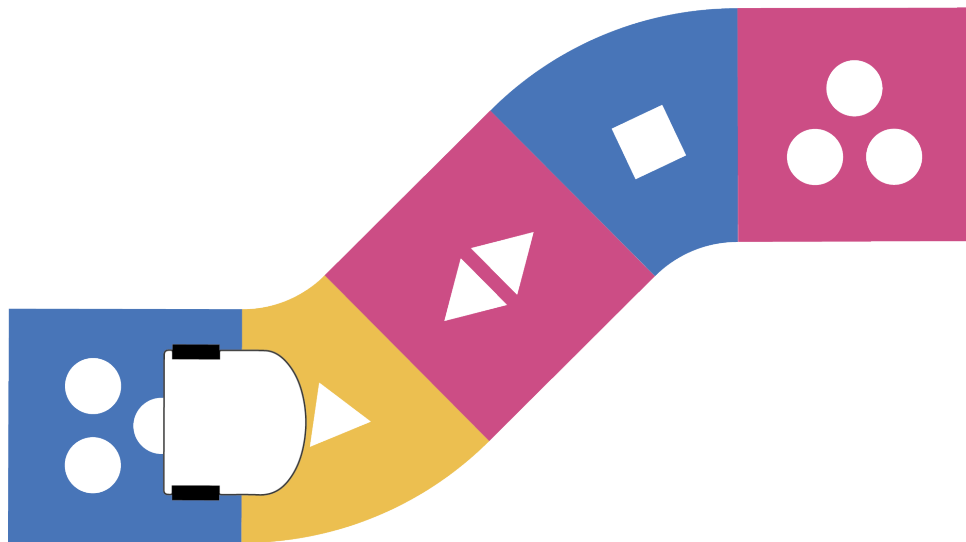


Formation des Enseignant·e·s au Numérique

Rapport sur la Première Année de Formation

à la Science Informatique au Cycle 1 en

Collaboration avec la HEP Vaud, l'Unil et le DFJC



FRÉDÉRIQUE CHESSEL-LAZZAROTTO
CHEFFE DE PROJET, CENTRE LEARN, EPFL

LAILA EL HAMAMSY
DOCTORANTE, GROUPE MOBOTS DU BIOROB, EPFL

DIRECTION DU PROJET, EPFL

FRANCESCO MONDADA
JESSICA DEHLER-ZUFFEREY

CONSULTANT

DIDIER ROY

August 20, 2019

Abstract

Le département de la Formation, de la Jeunesse et de la Culture (DFJC) a lancé en 2018 un vaste chantier numérique dans le Canton de Vaud dont la première priorité est l'école vaudoise. En août 2018, 10 établissements ont débuté une phase pilote afin de tester différentes modalités de développement des compétences numériques des élèves et de leurs enseignant·e·s à travers des projets soumis en amont. La première année d'expérimentation a permis de tester aussi une formation continue de plus de 350 enseignant·e·s de cycle 1 dans ces établissements pour l'intégration d'une nouvelle discipline, à savoir la science informatique. Cette formation est le fruit d'une collaboration étroite et inédite pour l'école primaire entre la Direction Générale, la Haute Ecole Pédagogique Vaud (HEP Vaud) et l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) et de son Centre LEARN, leader sur ce point du projet. Ce rapport définit les actions coordonnées par l'EPFL dans ce contexte : principes et modalités de formation, choix des contenus et analyse des données récoltées au cours de l'année auprès des différents acteurs. Les résultats analysés montrent au travers de plusieurs critères les réussites ainsi que certaines mises en garde de ce premier jet au travers des éléments recueillis lors des quatre journées de formation auprès des enseignant·e·s, des personnes ressources les accompagnant et de leurs directeurs. Si les indicateurs montrent un taux de satisfaction élevée des partenaires, une adoption importante des contenus délivrés et un réel intérêt des enseignant·e·s, il est nécessaire de mettre en perspective la suite de l'intégration, à savoir l'acquisition des compétences des élèves et l'adaptation réaliste à la grille horaire du cycle concerné. Enfin, ce premier bilan de l'action engagée permet de livrer des éléments dans la perspective d'un déploiement au cours des prochaines années.

Résumé du Rapport

Alors que le numérique occupe une place de plus en plus importante de nos jours, l'élaboration d'un curriculum pour les élèves dès l'école primaire prend tout son sens. L'objectif était alors de mettre sur pied une formation continue des enseignant·e·s en se basant sur l'expérience de professionnels dans le domaine, sur des travaux de recherche, des activités péri-scolaires et les travaux d'autres pays cherchant à ou ayant déjà intégré le numérique dans le parcours scolaire. Cette formation devait 1) être adaptée au public visé, 2) permettre de développer les compétences professionnelles des enseignant·e·s, 3) les inciter à intégrer cet enseignement dans leurs classes de manière pérenne, 4) avec des propositions d'évaluation des compétences des élèves qui soient adaptées et enfin 5) qui soit réaliste pour un déploiement à grande échelle.

La conception de la formation était donc guidée par un certain nombre de principes.

Premièrement, il fallait considérer une pédagogie qui soit adaptée au public qui se retrouvait face à un contenu nouveau et pour certains, bien loin de leur zone de confort. Pour ce faire, le choix a été d'avoir une modalité de formation qui soit active et dynamique en engageant les enseignant·e·s dans un apprentissage par le jeu qui soit kinesthétique, et donc proche des activités qui se font dans le cadre du Cycle 1, avec un équilibre théorie pratique qui soit minimal et suffisant avec 1/3 de théorie pour 2/3 de pratique. Les activités suivaient le principe d'isomorphisme pour favoriser la transférabilité en classe, contribuant donc à la réduction du temps d'investissement nécessaire à une éventuelle adoption.

Deuxièmement, pour favoriser la pérennité de cette éventuelle adoption, il était essentiel de concevoir la formation avec les enseignant·e·s, en prenant appui sur leurs retours et leurs expériences qui reflètent les réalités du terrain dans lesquels ce projet s'inscrit. Ainsi, la formation devait être collaborative et en co-construction, pas uniquement entre enseignant·e·s et formateurs mais entre les enseignant·e·s eux mêmes.

Troisièmement, pour que cette collaboration soit possible et pour que des ajustements au courant de l'année puissent être effectués, la formation devait être adaptée et adaptable au public visé et à leurs besoins. Dans ce contexte, il était important que les formateurs soient à l'écoute des enseignant·e·s, et donc de permettre un accès facilité aux enseignant·e·s avec une communication directe et bienveillante.

Quatrièmement, la formation devait être sécurisante et mettre les enseignant·e·s en confiance, à la fois dans la qualité des contenus et de la formation délivrée. Pour ce faire, la formation a été conçue à partir de l'expérience et des compétences d'experts dans les domaines techniques, pédagogiques et notamment du terrain. Ceci ne suffit tout de même pas pour garantir la confiance des enseignant·e·s dans leur propre capacité à délivrer les contenus dans les classes.

Nous arrivons ainsi au dernier principe de formation, une formation qui soit suivie et accompagnée afin de faciliter la mise en oeuvre des activités dans les classes et fournissant un soutien adapté lorsque ce besoin est exprimé par les enseignant·e·s. Pour ce faire, 1) des personnes ressources ont été désignées comme des personnes de référence pour accompagner les enseignant·e·s dans les établissements, 2) un projet d'accompagnement avec le Centre LEARN de l'EPFL est prévue pour l'année suivant les formations et 3) une plateforme d'échange entre les enseignant·e·s est en train d'être mise sur pied pour favoriser la dynamique instaurée au courant de l'année.

Le contenu sélectionné pour les journées de formation devait donc répondre aux principes énoncés tout en prenant en compte les besoins en termes d'éducation numérique des élèves. Globalement, dans l'objectif d'introduire la science informatique dans les écoles, le choix à été de mettre l'accent sur le développement d'activités et d'un curriculum centré autour de la science informatique, définie comme étant l'intersection des domaines permettant le traitement automatique de l'information par des machines. Néanmoins, il ne fallait pas négliger le rôle

grandissant du numérique dans la société et la manière dont celle-ci affecte nos rapports sociaux et aux machines. Ainsi un accent a également été placé sur l'informatique et la société. A tout ceci des notions de pensée computationnelle ont été intégrées, définie comme un ensemble de compétences transversales au coeur de la science au sens large et de plus en plus à de nombreux autres domaines. Ces dernières sont les capacités d'abstraction, décomposition, algorithmique, généralisation et contrôle que nous retrouvons plus généralement lorsqu'il s'agit de la résolution de problèmes.

Pour intégrer ceci au niveau du Cycle 1, deux modalités ce sont distinguées, à savoir, les activités débranchées et la robotique éducative. Les activités débranchées se démarquent par leur caractère kinesthésique, et notamment sans écran, engageant l'apprenant dans des jeux permettant d'apprendre les notions de science informatique. Ces jeux sont adaptés à des publics variés, emploient du matériel commun, sont facilement reproductibles et recouvrent un grand nombre de sujets de science informatique. La robotique éducative quant à elle est un outil interdisciplinaire permettant d'engager les apprenants du primaire au niveau universitaire dans des activités adaptées aux objectifs d'apprentissage touchant à des disciplines variées, allant de la robotique, à la science, au conte et à la musique parmi d'autres. Que ce soit du point de vue des activités débranchées ou robotiques, il faut considérer l'importance des activités collaboratives, de la démarche d'investigation, de la communication et la verbalisation dans la conception des différents scénarios pédagogiques. En outre, les activités doivent être facilement mises en oeuvre en classe et accompagnées d'une progression et des objectifs clairement définis pour garantir leur bonne intégration dans les curricula scolaires.

Basé sur ce travail de recherche et de conceptualisation, le contenu de quatre journées de formation, composé essentiellement d'activités débranchées (robotiques et non robotiques), a été élaboré avec les différents partenaires, dont notamment la HEP Vaud avec l'expertise de la direction pédagogique. Ces journées ont accueilli 350 enseignant·e·s de cycle 1 de 10 établissements pilotes, un public majoritairement féminin, à qui ont été délivrés les concepts de base de science informatique, de robotique, des concepts informatiques aussi plus poussés pour aller plus loin avec les différents contenus abordés au courant de l'année. Globalement, les journées de formation ont été bien reçues par les enseignant·e·s avec des niveaux de satisfaction élevés, comme témoignent les retours des questionnaires en fin de journée (3.4 ± 0.75 en moyenne sur une échelle de 1 à 4). Les enseignant·e·s ont notamment soulevé l'appréciation 1) des modalités de formation en présentiel, dans les établissements avec des formateurs avec des expertises complémentaires, 2) des contenus de formation qui, concrets, pratiques, riches, équilibrés du point de vue théorie et pratique, transférables en classe, collaboratifs et ludiques, à la fois pour les enseignant·e·s et élèves motivés, ont pu être appropriés, 3) la proximité avec les formateurs qui étaient à l'écoute et ont fait preuve de flexibilité au cours de l'année notamment en termes d'ajustement des modalités et contenus selon les retours. Ceci a contribué à un taux d'adoption très élevé de 97% avec 2312 périodes (878 non robotiques et 1434 robotiques) qui ont été effectuées sur 14 semaines par les 250 enseignant·e·s qui étaient impliqués à ce stade. Ceci témoigne du succès de la formation, d'autant plus lorsque nous considérons les dynamiques de collaboration qui ce sont instaurées dans les établissements malgré les divers facteurs bloquants qui ont été relevés lors des différentes évaluations dont notamment le manque de temps, la logistique et la disponibilité du matériel qui devrait être facilement accessible, la gestion de classe et le manque d'une progression claire.

Ce bilan positif se reflète également dans les retours des autres acteurs impliqués. Pour ce qui est des personnes ressources, certains ont même exprimé la volonté de devenir formateurs pour le déploiement à venir. Tout de même, ces derniers ont fortement relevé le besoin d'avoir un rôle qui soit clairement défini, qui ne soit pas lié à l'élaboration de matériel pour les

classes, préférablement à proximité des enseignant·e·s de l'établissement et du cycle avec une distinction claire entre le rôle d'un accompagnant et celui d'un agent technique. Pour ce qui est des directeurs, le bilan est également positif avec une moyenne de 3.9/4 dans le sondage de fin d'année. Ces derniers ont notamment évoqué la qualité innovatrice et d'actualité de l'initiative, l'intérêt des activités débranchées proposées, des définitions claires et un fort encadrement des enseignant·e·s comme des points ayant contribué au succès de cette première année. Tout de même, les directeurs ont évoqué les points faibles en termes de logistique du matériel, infrastructures, communication et contraintes humaines (difficulté des remplacements, besoins en personnes ressources, surcharge des enseignant·e·s, etc...). Quant aux formateurs, la complémentarité de leurs compétences, l'expertise du terrain a été bien appréciée et présentée comme ayant fortement influencé la qualité de la formation délivrée. Cependant, au vu de l'envergure des pilotes à venir et du déploiement imminent, il est important de considérer quelles équipes de formateurs pourront prendre le relais, tout en maintenant la complémentarité et la dynamique instaurée au cours de cette première année.

Au terme de cette première année, les retours ont permis de prendre un certain nombre de décisions et de guider le travail pour l'année à suivre. Ceci commence par la stabilisation du format et des contenus de la formation au cycle 1 qui sera testée au courant de l'année 2019-2020 avec deux établissements volontaires avant le déploiement au niveau cantonal. Les différents partenaires ont également collaboré pour poser les premières ébauches d'un plan d'études et de progressions pour les différents degrés, en prenant en compte les retours des enseignant·e·s et les analyses effectuées. La rédaction d'un moyen d'enseignement est aussi en cours pour le Cycle 1 avec des modalités d'évaluation des élèves qui sont en cours d'élaboration en prenant en compte la réticence exprimée des enseignant·e·s d'avoir une évaluation normative. Le programme d'accompagnement des enseignant·e·s pour l'année à venir, la mise en place d'une plateforme d'échanges et de partages de ressources en ligne devraient favoriser la dynamique et les collaborations constatées au cours de la première année pilote. En parallèle, la conception de la formation pour les degrés 5-6P du Cycle 2, tenant compte des conclusions tirées de cette première année, va permettre de tester avec les 10 établissements pilotes la suite de ce projet. Enfin, un cahier des charges pour les personnes ressources connaît ses premières ébauches.

Table des Matières

1	Introduction	1
2	Formation des Enseignants Cycle 1 à la Science Informatique	4
2.1	Principes de Formation	5
2.1.1	Une Formation Active et Dynamique	5
2.1.2	Une Formation Collaborative et en Co-Construction	6
2.1.3	Une Formation Adaptée et Adaptable	7
2.1.4	Une Formation Sécurisante et en Confiance	7
2.1.5	Une Formation Suivie et Accompagnée	8
2.2	Détermination du Contenu de la Formation	10
2.2.1	Quelle Science Informatique?	10
2.2.2	Quelle Contenus Enseigner au Cycle 1?	12
2.2.3	Modalités d’Enseignement de la Science Informatique et de la Pensée Computationnelle	13
2.2.4	Modalités de Formation	17
2.2.5	Contenus des Journées de Formation	17
2.3	Synthèse	21
3	Réalisation de la Formation	22
3.1	Partenaires et Différents Acteurs	22
3.2	Mise à Disposition des Ressources	23
3.2.1	Moyens d’Enseignement	23
3.3	Ressources de Classe	23
3.3.1	Rédaction du Plan d’Etudes Romand (PER)	23
4	Analyse de l’Année Pilote 2018-2019 pour le Cycle 1	24
4.1	Méthodologie	24
4.2	Enseignant-e-s	25
4.2.1	Satisfaction	26
4.2.2	Adoption	30
4.2.3	Confiance dans la Formation	38
4.2.4	Confiance dans le Projet	40
4.2.5	Intérêt de la Formation et du Projet Global	41
4.2.6	Synthèse des Retours Enseignants	41
4.3	Personnes Ressources	42
4.4	Directeurs	44
4.5	Formateurs	45
4.6	Élèves	45
4.7	Ressources à Disposition des Enseignants	46
4.7.1	Moyens d’Enseignement	46
4.7.2	Moodle	47
4.8	Synthèse	48
5	Avenir du Projet	50
5.1	Proposition de Modalité d’Evaluation Pour les Elèves en Cycle 1	50
5.2	Accompagnement des Enseignants Formés	50
5.3	Établissement d’un Cahier des Charges pour les Personnes Ressources	51
5.4	Stabilisation du Format de la Formation et le Curriculum : Pilote Cycle 1 Bis	51
5.5	Continuité des Apprentissages : Pilote Cycle 2, 5-6P	52
5.6	Quels Formateurs Pour le Déploiement	54
6	Conclusion	55
	References	56
A	Compétences et Sous-Compétences Attendues au Cycle 1	63

B	Descriptif des Activités	65
B.1	Journée 1 - Concepts de Base	65
B.1.1	Le Jeu du Robot	65
B.1.2	Le Jeu de la Grue	66
B.1.3	La Chasse au Trésor	67
B.1.4	La Machine à Trier	67
B.1.5	Pixel Paravent	68
B.1.6	Résumé des Concepts Acquis en Journée 1	69
B.2	Journée 2 - Robotique	70
B.2.1	BlueBot	70
B.2.2	Thymio Pré-Programmé	71
B.2.3	Thymio VPL	72
B.2.4	Résumé des Concepts Acquis en Journée 2	74
B.3	Journée 3 - Concepts Informatiques	75
B.3.1	Algorithmes du Quotidien	75
B.3.2	Tri du Saumon	76
B.3.3	Scratch Jr.	77
B.3.4	Jeu des Réseaux	78
B.3.5	Résumé des Concepts Acquis en Journée 3	79
B.4	Journée 4 - Pour Aller Plus Loin	80
B.4.1	Thymio VPL Débranché	80
B.4.2	Cryptographie	81
B.4.3	Résumé des Concepts Acquis à la Journée 4	83
C	Questionnaires Enseignant·e·s	84
C.1	Journée 1 - Octobre / Novembre 2018	84
C.2	Journée 2 - Janvier 2018	84
C.3	Journée 3 - Mars 2019	85
C.4	Journée 4 - Avril 2019	86
C.5	Thématiques Abordées Lors des Focus Groupe Journée 4	86
C.6	Questionnaires aux Futurs Enseignant·e·s de 5-6P - Mai 2019	88
D	Questionnaires Directeurs	91
D.1	Suite Aux Journées de Présentation du Projet - Août 2018	91
E	Proposition de Progression Cycle 1	92
F	Proposition de Modalité d'Évaluation Par Profils	97
G	Proposition de Cahier des Charges	98
G.1	Personnes Ressources	98
G.2	Agent Technique Informatique	99

Liste de Figures

1	Récapitulatif des Différents Acteurs Ayant Participé à la Mise en Place de La Formation Continue avec Leurs Rôles et Interactions	22
2	Calendrier des Interventions de la Formation Pilote Depuis Juillet 2018 à Juin 2019	24
3	Satisfaction Globale des Enseignant·e·s En Moyennant les Différents Retours Par Journée et Par Degré Enseigné	26
4	Satisfaction Par Journée et Par Degré Selon Les Différentes Questions Posées. Pour les différents graphiques, le bleu représente les réponses des enseignant·e·s de 1-2P, le orange les réponses de enseignant·e·s de 3-4P et le vert les enseignant·e·s pour lesquels le degré n'était pas fourni.	28
5	Retours des Enseignant·e·s sur la Formation Suite à la Journée 1	29

6	Analyse de la Satisfaction Faible pour 1-2P en Journée 3 Par l'Observation de la Satisfac- tion des Différents Ateliers. L'atelier MER en particulier a reçu des retours faibles par rapport aux autres, notamment auprès des 1-2P. En effet, en retirant cet atelier de l'analyse de la satisfaction, les disparités entre les 1-2P et 3-4P disparaissent.	30
7	Analyse de la satisfaction pour les ateliers MER et Genre à travers les différents établissem- ents selon les formateurs ayant donné les ateliers	30
8	Nombre d'Activités Différentes (0, 1, 2 ou Plus) Effectuées Par les Enseignants Sur les Différentes Journées En Prenant en Compte Différents Facteurs.	31
9	Nombre d'Activités Différentes Effectuées par les Enseignant-e-s en Journée 4	31
10	Proportion d'Enseignants Ayant Effectué les Activités Selon la Journée et le Degré	33
11	Nombre d'Heures Effectuées Par Les Enseignant-e-s Réparties Selon le Type de l'Activité et le Degré Enseigné.	34
12	Répartition du Nombre de Périodes Effectuées par Enseignant Selon le Degré Enseigné pour l'Activité Thymio Pré-Programmé	35
13	Distribution du Nombre de Périodes Effectué Par les Enseignants	35
14	Nombre de Périodes Effectuées par les Enseignants Selon l'Activité et le Degré Enseigné Sans Considérer les Enseignants Qui ne Pouvaient Pas (28, 34 et 15 en J2, J3 et J4 respectivement)	36
15	Nombre de périodes effectuées par activité par degré avec différentes normalisations	37
16	Résultats de Questionnaire à la Fin de la Première Journée de Formation sur une Échelle de 1 à 10 Par Rapport à Leur Ouverture, Confiance et Réticence Lié au Projet	39
17	Retours des Enseignant-e-s sur la Formation Suite à la Journée 2	39
18	Modalités de Classe Pour les Activités Principales Selon le Degré Enseigné. Le bleu représente la proportion d'activités effectuées en classe entière et le rouge représente la proportion d'activités effectuées en demi classe ou petits groupes.	40
19	Souhait Exprimé des Personnes Ressources Par Rapport à Leur Éventuels Rôles	43
20	Evolution de l'Activité des Formateurs et Enseignants sur la Plateforme Moodle Au Fur et à Mesure de l'Année.	48
21	Comparaison entre les modalités de formation des pilotes cycle 1 et cycle 1 bis	52
22	Comparaison entre les modalités de formation du pilote cycle 2 et le pilote cycle 2 pour 5-6P	53
23	Désignation de la Science Informatique Selon les Enseignants de 5-6P	53
24	Illustration du Jeu de la Grue, telle que Présentée aux Enseignant-e-s en Journée 1 de Formation	66
25	Illustration de l'Activité de la Chasse au Trésor [1], telle que Présentée aux Enseignant-e-s en Journée 1 de Formation	67
26	Illustration de la Machine à Trier, telle que Présentée aux Enseignant-e-s en Journée 1 de Formation	68
27	Illustration de l'Activité de Pixel Paravent [2] Pour Saisir les Enjeux de Codage et de Transmission des Données	68
28	Carte Conceptuelle des Activités Cycle 1 Présentées en Journée 1	69
29	Interface de programmation tangible de la BlueBot avec les boutons sur le dos (gauche) et les quadrillages de déplacement (droite)	70
30	Illustration de l'activité de compréhension de la logique événementielle des modes pré- programmés du robot Thymio	72
31	Interface de programmation visuelle (VPL) pour le robot Thymio	73
32	Carte Conceptuelle des Activités Cycle 1 Présentées en Journée 2	74
33	Logigramme pour présenter les algorithmes dans le cadre du quotidien	75
34	Illustration de l'activité du Tri du Saumon	76
35	Interface de Programmation Scratch Jr.	77
36	Illustration de la disposition des élèves et de la répartition des rôles pour le Jeu du Réseau	78
37	Carte Conceptuelle des Activités Cycle 1 Présentées en Journée 3	79
38	Comparaison entre le programme VPL sur écran et programme correspondant sur papier	80
39	Carte Conceptuelle des Activités Cycle 1 Présentées au Cours de l'Année	83
40	Récapitulation des Propositions de Progression Pour 1P Réalisées par les Personnes Ressources Effectuée par l'Equipe EPFL avec Illustrations Réalisés par Nathalie Jaccard	93
41	Récapitulation des Propositions de Progression Pour 2P Réalisées par les Personnes Ressources Effectuée par l'Equipe EPFL avec Illustrations Réalisés par Nathalie Jaccard	94

42	Récapitulation des Propositions de Progression Pour 3P Réalisées par les Personnes Ressources Effectuée par l'Equipe EPFL avec Illustrations Réalisés par Nathalie Jaccard	95
43	Récapitulation des Propositions de Progression Pour 4P Réalisées par les Personnes Ressources Effectuée par l'Equipe EPFL avec Illustrations Réalisés par Nathalie Jaccard	96

Liste de Tableaux

1	Cadre de Science Informatique Posé par le K-12 Computer Science Framework	11
2	Récapitulatif de la Proposition de Progression de Science Informatique en Lien Avec les Concepts Fondamentaux Pour les Élèves de Cycle 1	13
3	Récapitulatif des Contenus Enseignants Présentées aux Journées de Formations	19
4	Récapitulatif des Activités Elèves Présentées aux Journées de Formations	20
5	Récapitulatif de l'Ensemble des Données Récoltés Ayant Permis d'Etablir le Bilan de l'Année Pilote Pour le Pilier 1 du Cycle 1	25
6	Nombre de Retours Enseignant·e·s Obtenus par Jour par Degré et par Cycle. Il est important de noter que les enseignant·e·s désignés comme "autre" sont soit des enseignant·e·s hors cycle, spécialisés, personnes ressources ou des enseignant·e·s qui n'ont pas rempli le champ dans le formulaire. C'est ce cas qui est majoritaire, notamment en journée 1 de formation.	26
7	Répartition du Nombre de Périodes Effectuées Selon le Degré Enseigné et le Type de l'Activité, Une Fois en Considérant Branché Par Rapport à Débranché et Une Fois en Considérant Robotique et Non Robotique	33
8	Temps Moyen de Mise en Oeuvre des Différentes Activités En Considérant Celles Qui Ont Été Effectuées Par Plus de 50 Personnes	38
9	Récapitulatif des compétences, savoirs et savoir-faires attendus des élèves de 1-2P	63
10	Récapitulatif des compétences, savoirs et savoir-faires attendus des élèves de Cycle 1	64
11	Proposition de Modalité d'Evaluation des Elèves Selon un Modèle de Profils	97
12	Proposition de Cahiers des Charges Pour les Personnes Ressources Avec Deux Profils Complémentaires qui Accompagnent l'Agent Technique Informatique	98
13	Profile de l'Agent Technique Informatique en Complément aux Cahiers des Charges des Deux Profils de Personnes Ressources	99

1 Introduction

Dans un contexte où le numérique est de plus en plus omniprésent, émergent dans les contextes éducatifs des interrogations sur les compétences du 21^e siècle [3] liées concepts de culture¹ et de littératie numérique² que tout citoyen doit être capable de maîtriser. Plusieurs initiatives existent pour développer ces compétences lors d'activités extra-scolaires principalement. Cependant, celles-ci sont d'envergure limitée, n'atteignant qu'une infime portion de la population, qui d'autant plus, est souvent celle qui est déjà familière avec ces concepts, contribuant ainsi à creuser les écarts dans notre société. Il est donc impératif de considérer le rôle de l'éducation afin d'apprendre aux nouvelles générations, et pas exclusivement aux individus qui auraient des facilités et intérêts pour ces domaines, non seulement comment se servir du numérique mais également comprendre son fonctionnement dès les premières années de scolarité obligatoire.

L'enseignement des notions de pensée computationnelle [4, 5, 6] et de science informatique à l'école dès la petite enfance et pour tout membre de la société, pourrait permettre non seulement la maîtrise des outils à disposition mais également de développer des compétences transversales, fondamentales et universelles liées à la pensée critique, des capacités d'analyse, de communication, de collaboration et de résolution de problèmes en plus de la créativité [7, 8, 9, 10]. Ces dernières seront utiles non seulement dans les domaines de science informatiques, techniques et mathématiques mais dans d'autres métiers [11], comme de nombreux domaines d'activité ont de plus en plus tendance à exiger la maîtrise de ces compétences, "afin d'être à même d'appréhender de façon adéquate et informée les processus de traitement numériques qui y sont mis en oeuvre - et de contribuer à leur conception"³.

Tout-un chacun devrait pouvoir s'affranchir du statut du consommateur asservi par la technologie et devenir maître de ces outils par la maîtrise de son utilisation et de ses enjeux [12, 13]. Ainsi, l'enseignement de la science informatique fournit les clés à chacun pour comprendre, décider et choisir en développant son esprit critique, sa capacité d'évaluation de l'information et d'adaptation aux évolutions technologiques parmi tant d'autres⁴. Le développement de cette culture et littératie numérique pourra lever la stigmatisation qui existe à l'égard de ces métiers et ainsi combler les besoins croissants d'emplois dans ces domaines [11], tout en considérant ce que ceci peut apporter en terme d'équilibre des genres [14, 15, 16, 13]. C'est pourquoi de nombreux pays tels l'Angleterre, la Finlande, la Corée du Sud, l'Australie et la Nouvelle Zélande parmi d'autres, ont entamé leur propre transformation digitale. Plusieurs ont déjà intégré des notions de science informatique et/ou de pensée computationnelle à l'école, soit de manière transversale soit comme une matière en soit [17, 18].

C'est dans cette visée que s'inscrit le projet du Canton de Vaud qui cherche à "préparer les citoyennes et citoyens de demain à la "numérisation de [la] société" [19] et de "placer l'humain au cœur du processus d'apprentissage"⁵. Pour que celle ci soit efficace, il faut donc considérer

¹"La culture numérique est une expression qui fait référence aux changements culturels produits par les développements et la diffusion des technologies numériques et en particulier d'Internet et du web", définition Wikipédia

²"La littératie numérique résulte de la juxtaposition des termes «littératie» et «numérique». Elle se définit en deux temps. La littératie, est définie par l'OCDE comme étant «l'aptitude à comprendre et à utiliser l'information écrite dans la vie courante, à la maison, au travail et dans la collectivité en vue d'atteindre des buts personnels et d'étendre ses connaissances et ses capacités». Le terme «numérique» est un terme polysémique. Il recouvre plusieurs notions : l'informatique, la technologie, l'information, le visuel et la communication. La littératie numérique s'apprécie comme la capacité d'un individu à participer à une société qui utilise les technologies de communication numériques dans tous ses domaines d'activité.", définition Wikipédia

³Citation provenant du PER en cours de rédaction pour la science informatique au Cycle 1

⁴Présentation de la première journée de formation des enseignant·e·s cycle 1, Octobre 2018

⁵Conférence de Presse de la rentrée de la Conseillère d'Etat Cesla Amarelle - Août 2018

le plan d'action qui s'articule selon trois axes principaux [19]:

- **“La formation des élèves** vers la maîtrise de trois piliers qui sont la science informatique (*Pilier 1*), l'usage des outils numériques (*Pilier 2*) et l'éducation aux médias (*Pilier 3*)” [19]⁶, afin de fournir aux élèves les outils pour comprendre les concepts fondamentaux et pas uniquement de se servir des outils numériques [13]. Le plan d'études devrait être modifié dans ce sens, tout en considérant “la place des nouvelles approches pédagogiques qui placent les élèves au centre du processus d'apprentissage” [3]. Notons
- **“La formation des enseignant·e·s** de tous les degrés afin qu'elles/ils disposent des compétences requises pour assurer la formation des élèves dans un environnement en mutation numérique” [19]. Un des facteurs ayant limité l'intégration du numérique dans les curriculums d'autres pays, dont l'Angleterre et l'Australie, a été le manque de formation adéquate et d'enseignant·e·s suffisamment qualifiés pour enseigner cette nouvelle discipline [13]. De fait, un accent particulier doit être mis sur le développement professionnel à la fois initial et continu des enseignant·e·s tout en considérant l'importance de la pédagogie et de la transférabilité en classe [3] sans négliger l'évolution des méthodologies d'enseignement de travail;
- **“Les actions pédagogiques, éducatives et administratives adaptées** aux supports numérisés et à l'accès aux connaissances dans une société numérisée.” [19]

Ce projet s'étend sur 5 ans et concerne les 92 établissements du canton, 5'980 enseignant·e·s du primaire, environ 450 enseignant·e·s du secondaire et 92'000 élèves de l'école obligatoire et les 9'000 de l'école de maturité [20]. Ecoles professionnelles et institutions spécialisées sont aussi engagées dans cet élan qui concernera ainsi la majorité des écoles vaudoises. Étant donné l'envergure du projet, sa mise en oeuvre se fait grâce à la collaboration et l'expertise de multiples institutions :

- L'EPFL avec le centre LEARN : conception et coordination du pilote et la formation continue.
- La HEP Vaud : participation aux formations continues du pilier 1, et organisation des formations initiales.
- L'UNIL : évaluation du projet d'éducation numérique et des projets d'établissements.
- Des différentes Directions Générales de l'Enseignement : expertise, coordination et gestion matérielle.

Pour la première année du projet, 10 établissements primaires et secondaires⁷, 2 établissements spécialisés, un gymnase et deux écoles professionnelles⁸ ont été sélectionnées suite à l'appel à projet de la Direction Générale. La première phase a défini une priorité au pilotage de l'avènement du nouveau domaine de science informatique dès le cycle 1. Ainsi, toutes les classes du cycle des établissements dits “pilotes” ont impliqué les 242 classes, quelques 4'800 élèves et 350

⁶Une évolution récente de la définition des piliers est en cours

⁷EPS Aigle; EPS Chavannes-près-Renens et Saint-Sulpice; EPS Chavornay et environs; EPS Cugy et environs; EPS Genolier et environs; EPS La Tour-de-Peilz; EPS Le Mont-sur-Lausanne; EPS Sainte-Croix et environs; EPS Villeneuve Haut-Lac - EP Yverdon-les-Bains et Edmond-Gilliard

⁸SESAF - Fondations : Entre-Lacs, Verdeil-SEI

DGEP : Gymnase de Morges, Ecole professionnelle commerciale du Chablais, Centre professionnelle du Nord vaudois

Appuyer ici pour la source

enseignant·e·s dans l'expérience. Les enseignant·e·s ont bénéficié de plusieurs journées de formation continue à la science informatique menées par le centre LEARN de l'EPFL en collaboration avec la HEP Vaud. Pour ce faire, la conception de la formation selon des principes définis en amont, la coordination avec les partenaires, l'élaboration des contenus de science informatique au cycle 1, l'animation des formations ainsi que l'évaluation et l'analyse des facteurs ayant influencé le succès de ce pilote ont été menés par l'EPFL au sein d'une équipe mixte d'enseignant·e·s et de scientifiques, avec la collaboration étroite de formateurs de la HEP Vaud et de la Direction Pédagogique, sous la direction de Francesco Mondada, directeur académique du Centre. En parallèle les directions ont été appelées à définir leurs projets numériques d'établissement et des actions en faveur du déploiement d'infrastructures adéquates ont débuté avec l'action de la DGEO.

Ce document vise à rapporter les actions mises en oeuvre du point de vue de l'EPFL et de l'équipe du Centre LEARN quant aux formations mises en oeuvre pour le cycle 1 au cours de l'année 2018-2019. Il présente les résultats détaillés dans les sections ci-dessous, les pistes retenues de ce pilote pour une la deuxième année ainsi que les perspectives de déploiement envisageables à ce jour.

2 Formation des Enseignants Cycle 1 à la Science Informatique

Souvent l'intégration de la science informatique et de la pensée computationnelle se réalise au secondaire [21, 7, 17, 13, 22]. Or, comprendre la science informatique et la pensée computationnelle implique d'acquérir un raisonnement qui s'acquiert avec le temps [23]. Des études en Nouvelle-Zélande ont d'ailleurs montré que repousser l'introduction de ces notions aux dernières années de scolarité pourrait avoir un effet néfaste car l'acquisition des compétences semble plus complexe pour les élèves et pour les enseignant·e·s en fin de cursus car ils doivent aborder une nouvelle matière alors que les méthodes dispensées sont par ailleurs déjà bien installées [13, 21]. De même, agir au plus tôt serait bénéfique pour la confiance des élèves sur ces notions et réduirait les biais liés au genre [14, 15, 16, 13]. Certaines études ont même montré que des enfants de 4 à 6 ans étaient capables d'apprendre des concepts de pensée computationnelle, de programmation et même de robotique avec des interfaces adaptées (ici tangibles) [24, 25, 26] et ainsi de développer les notions de base de la science informatique ainsi que des compétences transversales. Certains chercheurs préconisent même que "la petite enfance est idéale pour commencer à enseigner les concepts d'ingénierie [dont la démarche d'investigation et les compétences transversales se retrouvent en science informatique] comme les enfants sont naturellement curieux du monde qui les entoure et sont motivés pour explorer, construire et découvrir les réponses à leurs grandes questions" [27]. Un exemple de transfert de connaissances fourni par l'analyse du European Schoolnet Perspective [3] est que "les enfants qui apprennent à coder tôt peuvent améliorer leur compréhension des processus mathématiques". Ainsi, étant donné la nature interdisciplinaire de ces sujets, il paraît approprié d'aborder ces concepts dès l'école primaire, d'autant plus que la structure de cette dernière favorise l'interdisciplinarité en ayant un enseignant unique qui est capable de lier les différentes matières dans un même environnement [28]. C'est ce que de nombreux pays ont déjà entrepris de faire lors de leur propres transformations digitales [7, 17, 13, 22].

Afin d'avoir un cursus qui s'étendrait du primaire au secondaire inclus, il est donc judicieux de commencer cette action par les premiers degrés d'enseignement pour avoir un programme qui soit cohérent et dont le rythme soit adapté à chaque niveau. Pour cela, il s'agit de mettre en place une formation continue :

- **Avec un contenu adaptée au public visé**, à savoir des enseignant·e·s de cycle 1 en formation continue avec peu, voire pas d'expérience préalable avec les notions de science informatique.
- **Développant les compétences professionnelles des enseignant·e·s** sur ce nouveau domaine en les soutenant au cours de ce processus [29] pour qu'ils se sentent confiants et aptes à mener des activités de science informatique dans leurs classes.
- **Incitant les équipes à intégrer cet enseignement dans leurs classes de manière pérenne.**
- **Avec une proposition d'évaluation des compétences des élèves adaptée.**
- **Réaliste pour un déploiement à grande échelle**, et donc prenant en compte les contraintes financières, matérielles, temporelles et locales des enseignant·e·s et des établissements.

Pour ce faire, des principes ont été identifiés [3, 30] (section 2.1) et ont servi de base pour l'élaboration de la formation à la fois du point de vue du contenu et des modalités de formation (section 2.2).

2.1 Principes de Formation

L'objectif de ces formations peut se résumer en trois points clefs. Le premier est la satisfaction et l'acceptation de ces temps de formation par les enseignant·e·s. Le deuxième est de s'assurer que les enseignant·e·s soient confiant.e.s pour une mise en oeuvre rapide et efficace dans leurs classes afin de développer les compétences de leurs élèves. Finalement, les formations doivent permettre d'avoir de bons taux d'adoptions du numérique dans les classes, sachant que les enseignant·e·s ici sont libres d'appliquer ou non les activités. Pour les réaliser, un certain nombre de principes ont été identifiés comme lignes directrices du projet. Ils sont basés sur des travaux récents de formation effectués dans la région d'Evian [30], et du guide à la formation des enseignant·e·s au 21ème siècle rédigé par un ensemble de spécialistes [31] ainsi qu'un certain nombre de travaux de recherche évoquant les besoins de formation des enseignant·e·s dans ces domaines [21, 7, 32, 17, 33, 3, 13].

2.1.1 Une Formation Active et Dynamique

En formant des enseignant·e·s à des notions qui, pour la majorité, sont bien éloignées de leur compétences de base, il ne faut pas négliger le fait qu'ils/elles se retrouvent alors à la place de leurs élèves qui découvrent pour la première fois un contenu nouveau. De multiples modalités d'enseignement et donc de pédagogie existent pour atteindre les objectifs d'apprentissage, le plus connu étant l'instruction directe mais souvent le moins efficace. C'est pour ceci que d'autres tendances ont émergé telles que les classes inversées, l'apprentissage par le jeu et l'apprentissage kinesthétique, parmi tant d'autres [34]. Ces derniers diffèrent surtout par rapport à deux critères : le besoin en technologies pour les mettre en oeuvre et le fait que ce soit centré sur l'enseignant ou l'étudiant. Cependant il n'existe pas une approche qui soit adaptée à tous les contextes. Lorsque l'objectif est la connaissance déclarative, l'approche de l'enseignement par instruction directe peut convenir. Cependant, comme l'objectif ici est d'avoir une application directe en classe, il faut considérer qu'il s'agit plutôt d'un besoin de connaissance procédurale et de compétences. Ceci oriente plutôt vers une pédagogie active qui ici suit un principe d'isomorphisme.

Il faut également prendre en compte les contraintes du public enseignant qui dans le cas présent s'est montré réticent par rapport au fait d'avoir trop de nouvelles technologies dans leur classes, en parallèle du discours qui prône la limitation du temps devant les écrans étant donné les conséquences que ceci a sur leur cognition, attention, motricité, compétences sociales etc... En plus de ceci, il s'agit d'un public qui se soucie du temps, à la fois du point de vue de la préparation ainsi que du point de vue des objectifs scolaires à atteindre avant la fin de l'année. Il ne faut pas non plus négliger le public étudiant visé, constitué d'enfants aux alentours des 4-8 ans.

Pour ce faire, la proposition était donc :

- D'avoir un mode de formation présentielle et engageante.
- D'avoir un équilibre entre la théorie et la pratique adapté avec des ateliers concrets diffusant les éléments théoriques dans les différents temps de formation.
- De faire vivre aux enseignant·e·s des ateliers à des activités qui respectent le principe d'isomorphisme, c'est à dire qui demande "que la forme utilisée dans la formation soit la même que celle attendue dans les classes par la suite". Pour éviter de demander du travail supplémentaire de préparation aux enseignant·e·s, ces activités se doivent également d'être directement applicables en classe.
- D'orienter les activités sur un mode d'apprentissage par le jeu et d'apprentissage kinesthétique et incarné afin qu'elles soient adaptées au contenu et à l'âge des enfants, en veillant qu'elles soient adaptées au contenu à enseigner.
- De prendre le temps pendant les ateliers d'échanger avec les enseignant·e·s pour aborder les questions de gestion de classe, de contenus, de liens interdisciplinaires etc...
- Animer les moments dans la bienveillance, l'écoute voire l'humour pour emporter l'adhésion des enseignant·e·s.

2.1.2 Une Formation Collaborative et en Co-Construction

Selon les recommandations de la littérature [31] il faut "concevoir l'activité de de formation dans l'établissement sur «un principe de travail collaboratif» et dans «une logique de projet négocié»". Pour concevoir une formation de qualité, celle ci doit se faire en prenant appui sur les compétences des experts. Souvent il s'agit des académiques, des professionnels de la formation, des institutions responsables des moyens d'enseignement, au détriment des enseignant·e·s qui sont des expert.e.s du terrain et maîtrisent les différents enjeux liés à l'introduction de nouveaux dispositifs dans leurs classes. Ainsi le projet s'est construit autour de nombreuses collaborations. Le premier niveau considère celle entre les institutions en recherchant les expertises des différents niveaux et partenaires (HEP Vaud, DP, UNIL, ...) qui ont eu accès aux éléments de ressources de l'EPFL tout au long de la construction de la formation pilote du cycle 1. Le deuxième niveau, et celui qui constitue un point clef de ce projet, est la collaboration avec les enseignant·e·s dans un objectif de co-construction, à la fois pour les impliquer dans ce processus pionnier, adapter la formation à leurs besoins et pour s'appuyer sur les retours de leurs pratiques en classe afin de construire qui soit adapté à un déploiement à grande échelle. Pour favoriser ceci le pilote a donc prévu :

- Des temps d'échanges fréquents pendant les ateliers, assurant une certaine complicité permettant de récolter directement des retours des enseignant·e·s
- Des temps d'interactions entre enseignant·e·s pour échanger sur leurs pratiques
- Des évaluations fréquentes et qualitatives du format et contenu de la formation avec une attitude ouverte aux feedbacks des enseignant·e·s.
- Un agenda de temps de formation répartis dans l'année pour permettre l'expérimentation et favoriser les retours constructifs sur les dispositifs (activités et matériel)
- La prise en compte des besoins ressentis ou avérés dans la conception des temps de formation successifs
- La mise à disposition des ressources au fur et à mesure de leur élaboration.

2.1.3 Une Formation Adaptée et Adaptable

Le contenu de la formation doit être adaptée, c'est-à-dire en adéquation avec les besoins d'enseignement de science informatique mais également avec les attentes et besoins exprimés des enseignant·e·s. La collaboration et la co-construction constituent donc un pilier de cet objectif mais ceci repose surtout sur le fait que la formation soit adaptable selon les retours des enseignant·e·s au fur et à mesure de l'année. Ainsi, au cours du pilote, les points suivant ont été effectués :

- Des pré-test des propositions avec un public d'enseignant·e·s en amont et les adaptations correspondantes pour l'année pilote.
- Des ajustements suivant les journées de formations avec l'ensemble des enseignant·e·s.
- Des animations en binômes pour la répartition des activités et la réduction des effectifs des groupes.
- Des ressources supplémentaires en appui tel que du distanciel.

2.1.4 Une Formation Sécurisante et en Confiance

“Le sentiment d'auto-efficacité des enseignant·e·s, sentiment d'être capable d'atteindre les objectifs devant soi, est absolument essentiel à la motivation, [sachant que] la motivation des enseignant·e·s profite à la fois aux élèves et aux éducateurs.”[35, 36]. En effet, lorsque les enseignant·e·s se sentent capables d'enseigner, ils ont tendance à s'engager dans de meilleures pratiques pédagogiques, menant leurs élèves à une plus grande motivation et à une plus grande réussite scolaire. De plus, des études en Nouvelle Zélande ont montré que le manque de confiance des enseignant·e·s a été source d'un manque d'adoption de nouveaux standards pédagogiques en lien avec la science informatique [21]. Il paraît donc essentiel de travailler sur la confiance et le sentiment d'expertise des enseignant·e·s d'autant plus qu'il s'agit pour beaucoup d'un domaine nouveau mais surtout généré, alors que le public des enseignant·e·s de cycle 1 est majoritairement féminin. Ainsi, afin de mettre les enseignant·e·s en confiance, ces dernier·e·s ont besoin d'être assuré·e·s que les formateurs maîtrisent non seulement le contenu de leur formation mais également les enjeux du terrain auxquels ils font face au jour le jour. Le sentiment d'écoute inconditionnelle doit être recherché afin de relever les obstacles et les incompréhensions en per-

mettant des échanges et prises de paroles véritables. Ainsi la formation devait respecter certains points afin de mettre les enseignant·e·s en confiance. Ces derniers sont :

- L'expertise : présence de formateurs enseignant·e·s avec connaissance du contexte.
- L'ouverture : une communication bienveillante, sans protocole, directe avec les enseignant·e·s.
- La présence sur le terrain : une formation sur sites d'établissements pour faciliter leur confort [31].
- La disponibilité : un contact direct avec la coordinatrice du projet pour une disponibilité visible via mail ou Moodle.
- L'accessibilité : des temps de pause respectés pour faciliter les échanges et les interactions entre enseignant·e·s et formateurs
- La convivialité : la création d'un sentiment de communauté naissante renforçant l'esprit pionnier du projet et la recherche de l'audace et du partage.
- L'autonomie : la liberté de s'impliquer dans ce processus pilote ou non.
- La pérennité du projet : une inscription dans le temps "pour construire la complicité, de la sécurité; conditions pour permettre une controverse éducative, un suivi des projets et leur évaluation" avec les projets suivis.
- L'inscription dans l'espace : construction de liens entre les personnes de référence des établissements (qui ici seront désignés comme Personnes Ressources ou PR) proches et le partage du matériel, des idées, des projets.
- L'institutionnalisation des contenus : apparition dans le Plan d'Etudes Romand (PER).
- L'interdisciplinarité : mise en évidence des liens possibles avec les autres domaines pour un discours cohérent.
- La transférabilité : un choix d'activités facilement réalisables en classe avec un choix de matériel qui, lorsque possible, est simple et déjà connu des enseignant·e·s.

2.1.5 Une Formation Suivie et Accompagnée

Un point de vigilance qui représente un point critique de la réussite du projet est que les enseignant·e·s continuent à mettre en oeuvre les activités dans leurs classes au delà des journées de formation. Il faut également qu'ils/elles se sentent capables d'élaborer et de mettre en place du contenu voire des projets plus aboutis. Il est donc important de leur mettre à disposition des ressources humaines à la fois au sein des établissements et du côté des institutions de formateurs afin de fournir un soutien bien au delà des journées de formation.

En plus de ceci, il paraît important de créer un réseau de partage pour les enseignant·e·s afin qu'ils/elles puissent entreprendre des échanges de pratiques, d'activités, d'expériences etc... C'est d'ailleurs au groupe CAS (Computing at School) qu'est attribué le succès de l'introduction de la pensée computationnelle dans le système éducatif en Angleterre. Ce dernier s'est chargé de créer un réseau entre les enseignant·e·s par le biais de formations continues et conférences leur permettant de se retrouver en face à face, ainsi que d'une plateforme de communication,

d'échanges et de partage de ressources [37, 38]⁹. Dans cette même optique, il est envisagé de mettre en place une structure d'échange entre les enseignant·e·s pour créer une communauté d'enseignant·e·s Suisses.

Dans le cadre de ce projet, la proposition était donc :

- De former et de s'appuyer sur des enseignant·e·s ayant le rôle de coach et d'accompagnement dans les classes : les personnes ressources (PR).
- D'engager une personne pour accompagner les enseignant·e·s des établissements pilotes dans l'année suivant la formation, en leur proposant des mises en œuvre concrètes dans les classes (événements, défis, liens interdisciplinaires), en répondant à leurs besoins ou demandes, ainsi qu'à ceux des établissements.
- De mettre à disposition une plateforme adaptée pour créer un réseau entre les enseignant·e·s et ainsi favoriser la création d'une communauté. A ce jour, deux plateformes existent qui pourraient jouer ce rôle : ROTECO (Robotic Teacher Community) [39] et Graasp (Grab Resources Analytics Applications Structures and People) [40].

⁹“A recent survey of over 900 in-service teachers in England concluded that face-to-face events and training, paired with an online community, are considered to be particularly effective in addressing their needs in content knowledge and pedagogical content knowledge related to CT (Sentance and Humphrey, 2015).”[38]

2.2 Détermination du Contenu de la Formation

L'objectif du projet étant d'enseigner la science informatique et la pensée computationnelle dès le primaire, il était donc primordial de déterminer le contenu de la nouvelle discipline (2.2.1), que celle-ci soit adaptée à des enfants de 4-8 ans (section 2.2.2), de déterminer les modalités les plus efficaces pour apporter ces notions aux élèves (section 2.2.3) avant de sélectionner le contenu des journées de formation (section 2.2.5), et les modalités (section 2.2.4 tout en respectant les principes établis en section 2.1, dont notamment l'isomorphisme des ateliers participatifs.

2.2.1 Quelle Science Informatique?

Commençons par insister sur la distinction qui existe entre la science informatique et la vision réductrice de cette discipline qui la résume dans un cas, à la programmation, et dans l'autre cas au simple usage d'un ordinateur, ce qui est d'autant plus restrictif. Pour faire le parallèle, "l'informatique ne se préoccupe pas plus des ordinateurs que l'astronomie des télescopes" (Dijkstra, 1970) [41]. En effet, l'informatique "est un domaine [...] qui concerne le traitement automatique de l'information par l'exécution d'algorithmes [sous forme de programmes informatiques] par des machines" [42] permettant ainsi d'"apporte[r] aux autres sciences de nouveaux outils pour décrire, pour comprendre [et] pour expérimenter"¹⁰. Nous retrouvons bien dans cette définition que la science informatique concerne la fusion de quatre domaines [43, 1] associés aux quatre concepts présentés ci-dessous et dans lesquels les ordinateurs et la programmation n'occupent qu'une petite portion.

1. **Algorithmique** : enchaînement ordonné d'instructions qui permet de résoudre un problème, mener une tâche, automatiquement, sans avoir besoin de réfléchir. Il s'agit du concept le plus ancien des quatre et n'est d'ailleurs pas un concept propre à l'informatique.
2. **Informations et Données** : Une information est un groupe de données contextualisées où des données peuvent être de natures différentes (par exemple : nombres, textes, son, images...). Un algorithme lui peut opérer avec des différents types de données. Pour être traitées par un ordinateur, les données d'un algorithme sont représentées de manière symbolique. Les bases de données nécessitent donc d'avoir une réflexion sur la manière d'archiver et restituer les données.
3. **Machines** : le système matériel qui permet de traiter des informations. Dans ce cadre, un réseau est une machine étendue, constituée de deux à plusieurs millions d'ordinateurs inter-connectés.
4. **Langage** : un nombre de mots limité et une grammaire simple à connaître pour écrire des programmes. Celle-ci est nécessaire pour intégrer un algorithme à un ordinateur en l'exprimant sous forme de programme informatique.

Cette définition a été reprise dans l'ouvrage 1,2,3 Codez [1] élaboré par la Fondation La main à la Pâte en partenariat avec des académiques, entreprises et enseignants en 2016. Le **K-12 Computer Science Framework** [44] élaboré aux Etats Unis avec le même type de partenariats a ajouté à ce qu'ils appellent les **concepts** fondamentaux, l'aspect sociétal de l'informatique qui prend tout son sens dans ce projet. Ils définissent également un ensemble de **pratiques**, présentées dans le tableau 1, dans lesquelles toute personne pratiquant la science informatique s'engage [44]. De nombreux thèmes transversaux s'en dégagent dont les questions d'équité, de résolution de problèmes du monde réel, de pensée computationnelle et d'étendue d'application qui vont au-delà du codage vers tout ce qui est en lien avec des systèmes physiques, le traitement

¹⁰Citation issue de la présentation de la science informatique lors de la première journée de formation

de données et les impacts sociétaux [44].

Table 1: Cadre de Science Informatique Posé par le K-12 Computer Science Framework

Concepts Fondamentaux	Pratiques Fondamentales
1. Systèmes Informatiques 2. Réseaux et Internet 3. Analyse de Données 4. Algorithmes et Programmation 5. Impacts de l'Informatique	1. Favoriser une culture informatique inclusive 2. Collaborer autour de l'informatique 3. Reconnaître et définir les problèmes de calcul 4. Développer et utiliser des abstractions 5. Créer des artefacts informatiques 6. Tester et raffiner des artefacts informatiques 7. Communiquer sur l'informatique

Tous ces sujets s'articulent autour de la pensée computationnelle (aussi appelée pensée informatique) qui depuis une dizaine d'années est considérée comme un ensemble de compétences que toute personne devrait maîtriser au 21^e siècle [4, 45, 12, 3]. Nous insistons sur l'importance de ne pas confondre la pensée computationnelle avec la science informatique [46] comme il s'agit avant tout d'une manière de réfléchir que Jeanette Wing en 2006 [4] a caractérisée comme étant "un ensemble d'attitudes et de connaissances universellement applicables. [En effet,] adopter un mode de pensée informatique conduit à résoudre des problèmes, à concevoir des systèmes et à comprendre le comportement humain différemment, en s'appuyant sur les concepts fondamentaux de la discipline informatique et en y incluant une panoplie d'outils intellectuels" [4, 45]. Certains chercheurs défendent qu'il s'agit d'un ensemble de compétences fondamentales qui devraient être considérées sur le même plan que la lecture, l'écriture et l'arithmétique en termes de capacités que les enfants devraient maîtriser [23]. Cette pensée computationnelle a été plus récemment définie comme étant "le processus de réflexion impliqué dans la formulation des problèmes afin que leurs solutions puissent être représentées sous forme d'étapes de calcul et d'algorithmes" [47] souvent regroupé sous les compétences transversales "de résolution de problèmes, pensée analytique et logique" [3] qui se résument souvent dans les capacités suivantes [5, 6]:

- **Abstraction** (et modélisation) : Appréhender un problème à différents niveaux.
- **Décomposition** (et reformulation) : Décomposer un problème complexe en plusieurs problèmes simples, le reformuler pour mieux le résoudre.
- **Algorithmique** (et programmation) : Réfléchir aux tâches à accomplir sous forme d'une série d'étapes.
- **Généralisation** (et reconnaissance) : Lier un nouveau problème à d'autres problèmes résolus par l'identification de patterns, explorer et répertorier des approches de résolution. Ceci est fortement lié à la modularisation des solutions trouvées pour permettre la réutilisation ultérieure.
- **Contrôle** (et débogage) : Définir des moyens de contrôle des erreurs et de gestion de l'incertitude.

Ces compétences ne sont pas exclusivement rattachées à la science informatique, mais plus généralement aux sciences [46] (naturelles, sociales, techniques...). Ce sont, avant tout, des compétences transversales qu'il faudra veiller à développer ainsi que les diverses pratiques fondamentales présentées dans le Tableau 1. Notons que certains pays ce sont concentrés sur l'intégration de cette pensée computationnelle de manière transversale. L'objectif ici est de considérer la

science informatique comme un tout. Ainsi les formations viseront l'enseignement de la science informatique avec un accent sur les compétences transversales et la pensée computationnelle sous-jacente. En outre, en enseignant la science informatique comme une discipline nous permettons aux élèves de se rendre compte de la nature de ce domaine et ainsi de faire un choix plus informé au moment de l'orientation, dans l'objectif d'augmenter à la fois les effectifs et la diversité dans ces domaines [13]. Sur ce thème, l'expérience de la Nouvelle-Zélande a montré l'importance d'intégrer la science informatique tôt dans le curriculum pour cet effet [21].

2.2.2 Quelle Contenus Enseigner au Cycle 1?

C'est donc sur ces visées que le plan d'études a été élaboré pour le domaine de la science informatique et les projets numériques dans le canton de Vaud. Le programme s'articulera sur toute la scolarité des élèves autour de quatre champs : 1. **l'algorithmique et la programmation**, 2. **l'information et les données**, 3. **les machines, systèmes informatiques et les réseaux** et enfin 4. **l'informatique et la société**. Avec une forte inspiration par rapport à ce qui s'est fait dans le guide **1,2,3 Codez** une progression similaire est établie pour le **PER**. L'objectif défini pour le cycle 1 dans ce contexte est surtout d'avoir une sensibilisation aux différents thèmes en lien avec la science informatique. Un résumé des compétences attendues pour le cycle 1 établi dans le cadre du pilote est disponible en Tableau 2.

Table 2: Récapitulatif de la Proposition de Progression de Science Informatique en Lien Avec les Concepts Fondamentaux Pour les Élèves de Cycle 1

Concepts Fondamentaux	Progression des Apprentissages Pour le Cycle 1
Algorithme et programmation : A	A1. Découverte de la notion d'algorithme, notamment avec des activités du quotidien de la classe ou de l'élève (rituels, tri...) A2. Utilisation et création de langages précis, communs et négociés pour transmettre des instructions A3. Exécution et création d'une suite d'instructions simples pour déplacer ou faire agir un objet (lutin, robot, ...) ou une personne A4. Exécution et création d'une suite d'instructions plus complexes (notamment avec des boucles et des instructions conditionnelles) pour déplacer, faire agir un objet réel ou virtuel, une personne A5. Programmation d'un automate, d'un robot ou d'un personnage virtuel avec une application dédiée A6. Amélioration de programmes avec des boucles A7. Correction de programmes (débugage)
Information et données : D	D1. Représentation d'une image en noir et blanc avec des symboles D2. Représentation d'un message en utilisant des symboles (nombres, pictogrammes...)
Machines, systèmes, réseaux : M	M1. Identification et description des principaux composants visibles (capteur, roue, clavier, écran, souris...) en utilisant une terminologie appropriée M2. Description ou représentation par le dessin des principaux composants visibles (capteur, roue, clavier, écran, souris...) d'une machine (robot, ordinateur...) M3. Expérimentation de comportements préprogrammés d'automates ou de robots M4. Sensibilisation au fait que les objets informatiques sont reliés entre eux et communiquent les uns avec les autres
Informatique et société : S	S1. Comparaison entre l'humain et différentes machines (vivant/non vivant, les organes des sens...)
Au cours, mais au plus tard à la fin du cycle, l'élève... : 1- ... exécute et crée des algorithmes simples 2- ... encode et décode des données simples pour représenter et transmettre de l'information 3- ... reconnaît les principaux composants d'une machine	

2.2.3 Modalités d'Enseignement de la Science Informatique et de la Pensée Computationnelle

La méthodologie la plus courante pour enseigner la science informatique est de passer par l'apprentissage de la programmation et souvent, à des élèves qui se trouvent en fin de parcours scolaire. Outre le fait de ne pas être adapté à un public jeune, ceci ne permet pas d'englober l'ensemble des concepts de science informatique et de pensée computationnelle que ce pilote souhaite transmettre. Ainsi, pour introduire l'ensemble de ces notions et rendre le sujet accessible à des élèves encore dans la petite enfance, il faut donc considérer d'autres moyens pédagogiques pour enseigner la matière. Dans sa revue sur l'état de la pensée computationnelle dans l'éducation K-9, Mannila et al. [7] ont présenté diverses méthodes qui pouvaient être employées pour l'intégration dans le cursus. Parmi celles-ci se retrouve bien évidemment la programmation mais également les activités dites débranchées et kinesthésiques, les robots éducatifs et les jeux éducatifs qui sont d'intérêts particuliers dans le cas de la science informatique en général.

2.2.3.1 Les Activités Débranchées

Les activités débranchées constituent un ensemble d'activités kinesthésiques (i.e. en mouvement) qui engagent l'apprenant dans un jeu permettant d'apprendre des notions de science informatique "en utilisant son esprit et son corps" et ainsi en tirant profit de la cognition incarnée (embodied cognition) [48], sans utiliser d'ordinateurs. Apparues sous leur première forme en 1998 sous le nom de **Computer Science Unplugged**, ces activités ont été publiées par Tony Bell et al. [49] dans l'objectif 1. d'avoir des jeux qui soient adaptés à une variété de publics, dont notamment les enfants de l'école primaire, 2. de nécessiter du matériel commun et donc facilement accessible dans un contexte scolaire, 3. d'être facilement reproductibles et 4. de couvrir une diversité de sujets de science informatique. De part ces caractéristiques, dont notamment le fait d'être adaptées à un public jeune et d'être facilement applicables en classe à la fois en terme de préparation et de matériel, ces activités présentaient un intérêt particulier pour ce projet.

Même si ces activités étaient initialement conçues pour du périscolaire, elles peuvent être réadaptées pour être intégrées dans un cursus scolaire [32] comme on le voit dans les ressources pédagogiques mises à disposition en France par exemple [1, 2]. En effet, en se référant au débranché aujourd'hui on ne le considère pas comme des ressources à intégrer dans un curriculum mais plutôt comme une "forme de pédagogie" [32] qui a plusieurs avantages. Hormis le fait de réduire la charge cognitive liée à l'utilisation d'outils technologiques et à la programmation [48], ces activités permettent aux élèves d'appréhender les concepts fondamentaux de l'informatique en les impliquant pendant des temps courts (notamment en comparaison avec la programmation). De ce fait, pour concevoir une activité qui respecte la pédagogie posée par le débranché, il suffit de respecter un certain nombre de principes [50]. D'abord il faut éviter l'utilisation d'un ordinateur pour mettre l'accent sur l'apprentissage des concepts fondamentaux sans perdre du temps sur la maîtrise des outils de programmation qui peuvent être superflus [13]. Ensuite l'activité doit permettre aux enfants de construire leurs connaissances selon les principes constructionnistes posés par Papert [51] qui préconisent un apprentissage par la pratique et par projets afin de construire leurs connaissances sur ce qu'ils maîtrisent déjà. Présenter l'activité sous forme d'un jeu avec un challenge ou des missions invite les élèves à explorer les concepts plus favorablement. Ce jeu devrait impliquer les élèves dans les espaces physiques et les mettre en mouvement ainsi que les pousser à interagir entre eux et collaborer afin de mieux les engager. Enfin, en ancrant le jeu dans une histoire ceci aura également un effet positif sur l'engagement des élèves, tout en accentuant l'aspect créatif de la science informatique qui est trop souvent négligé.

Les activités débranchées ont été utilisées jusque là pour [32] 1. sensibiliser à la science informatique en éliminant les biais existants, 2. évaluer les performances comme ce qui est fait avec le Bebras Challenge par exemple, une compétition qui s'effectue dans plus de 30 pays aujourd'hui et qui a été souvent citée dans la littérature pour l'évaluation de compétences de pensée computationnelle [52], 3. faire le lien avec d'autres matières (mathématiques, physique, éducation physique, musique, biologie), 4. rendre accessible des sujets complexes tels que les algorithmes distribués et la cybersécurité [32] et 5. former des enseignant·e·s d'école primaire à la science informatique en rendant le sujet accessible et ludique avec du matériel familier et ainsi les mettre en confiance face à des notions nouvelles qui seraient bloquantes en temps normal¹¹. En effet plusieurs recherches recommandent l'utilisation des méthodologies débranchées pour former des enseignant·e·s d'autant plus que les enseignant·e·s ont tendance à implanter ces activités en classe par la suite.

Ne reste alors qu'une dernière question concernant la pédagogie débranchée : quelle est l'efficacité de ces activités comparée à des méthodes plus traditionnelles? De nombreuses études tentent d'aborder ce problème et ont montré que les objectifs des activités sont adaptées pour

¹¹Voir le paragraphe sur le développement professionnel des enseignant·e·s avec les activités débranchées dans la revue de Bell et Vahrnehold [32] pour divers exemples de formation d'enseignant·e·s avec ces activités

introduire des notions nouvelles en classe et qu'elles sont tout aussi efficaces que la méthode traditionnelle en termes d'apprentissage [53]. Les activités débranchées permettent plus aisément d'éveiller la curiosité des élèves par rapport à la science informatique [54, 53]. Néanmoins, la recherche cautionne que cette approche devrait être utilisée en conjonction avec des méthodes traditionnelles afin d'en tirer un maximum [55, 56, 48]. En revenant à l'analogie évoquée entre l'astronomie et les télescopes et la science informatique et les ordinateurs, l'objectif n'est pas de dire qu'il faudrait éviter de se servir d'un télescope mais apprendre à le considérer comme un outil et pas un objectif en soit [32].

2.2.3.2 La Robotique Educative

La robotique éducative est un outil de nature interdisciplinaire faisant partie "des technologies éducatives, où [les robots] sont utilisés pour faciliter l'apprentissage et améliorer les performances des élèves." [57]. L'interface physique et tangible permet d'"illustrer des phénomènes et concrétiser des connaissances abstraites" [33] en fournissant un feedback direct et immédiat lors des activités qui sont plus attirantes que la contrepartie effectuée avec des outils purement virtuels [58]. [En effet,] les robots offrent une concrétisation et la possibilité d'ajouter une interaction sociale au contexte d'apprentissage et par conséquent un progrès sur l'apprentissage purement virtuel" [57]. Les activités robotiques peuvent concerner l'éducation du primaire [25, 26, 58, 27] jusqu'aux études universitaires [59, 8] comme il est possible d'évoluer vers des thématiques de plus en plus complexes. Par exemple, les activités peuvent commencer par le travail sur la compréhension de comportements pré-programmés avant d'aborder des activités plus poussées nécessitant par exemple la compréhension de l'emploi de techniques plus complexes, tout en restant adaptés aux objectifs d'apprentissage [60, 61]. Ceci est notamment le cas du robot Thymio qui permet l'élaboration d'exercices adaptés et progressifs du primaire jusqu'au niveau universitaire. Les différentes activités de robotique sont le plus souvent ancrées dans un certain nombre de théories pédagogiques [57]. Les plus citées dans ce domaine sont le constructivisme de Piaget [62] (apprentissage par l'expérience) et le constructionnisme de Papert [63, 51] (apprentissage par activités pratiques et construction d'artefacts) [64] qui sont liées aux principes d'apprentissage actifs (active learning) et d'apprentissage par design (learning by design) entendues comme "pratiques, encourageant les élèves à être créatifs et basées sur la résolutions de problèmes" [57], sans négliger la théorie de constructivisme social de Vygotsky [65] qui prône l'apprentissage collaboratif.

Traditionnellement, les robots éducatifs étaient employés pour l'apprentissage de la robotique avec un accent placé sur la construction mécanique, la compréhension des capteurs, actionneurs et la programmation [66, 60, 33]; une étude de 2016 montre qu'à peine 30% des recherches sur le sujet ne concernent pas la robotique comme le sujet de l'apprentissage [67]. Les chercheurs se sont plus récemment intéressés au potentiel des robots dans le domaine éducatif au-delà des applications robotiques directes. Même si les applications les plus fréquentes sont en lien avec les domaines techniques [66], de plus en plus d'études concernent les domaines scientifiques, mathématiques (et géométriques) voire même non techniques (par exemple la musique [68]), avec le potentiel d'être étendu à d'autres disciplines [69], par exemple en lien avec le langage [70, 71, 72] [57], le tout avec une motivation élevée de la part des participants en montrant que les élèves étaient capables de développer les compétences associées en plus de la résolution de problèmes et de travail en équipe sur des projets [67]. Une étude sur 700 élèves a même montré que la robotique pouvait aider à susciter l'intérêt des élèves pour un métier dans les domaines de l'ingénierie et de science avec 86% de réponses favorables [67]. D'autres ont montré que la robotique aurait également un potentiel en termes d'enseignement plus inclusif [69, 73]. Ils nous mettent néanmoins en garde par rapport au fait que la présence du robot ne suffit pas en elle seule pour assurer des gains d'apprentissage [66], faisant écho à l'importance de l'acceptation

des enseignant·e·s et parents [67], du rôle des enseignant·e·s, de leur formation [33] ainsi que l'influence de cette dernière sur leur confiance (par exemple en leur fournissant des exemples concrets qu'ils peuvent mettre en place en classe) [74], de la coordination et la gestion de classe, le caractère réaliste des tâches à accomplir [63] et le fait d'orienter les activités pédagogiques sur tout ce qui est développement de compétences transversales, de résolution de problèmes et de collaboration.

“La robotique éducative est considérée comme un outil d'apprentissage efficace, car la pensée computationnelle et les compétences en ingénierie sont intégrées dans un seul cadre” [75, 58], permettant ainsi de concilier les différents mouvements éducatifs cherchant à revaloriser la place du numérique et de l'ingénierie dans les curriculums [75]. Cependant, ce ne sont pas exclusivement des compétences en lien avec les ordinateurs, la mécanique, l'électronique et le langage [57] qui peuvent être développées. De plus en plus d'études précisent que la robotique permettrait aux élèves d'acquérir des compétences transversales en termes de démarche scientifique (“formuler des hypothèses, tester, tirer des conclusions” [33, 8]), communication et collaboration, réflexion et résolution de problèmes, créativité et plus généralement de pensée computationnelle et de science informatique [33, 23, 76, 27], tout en faisant le lien entre le monde digital et le monde réel en ancrant les activités dans des contextes réalistes [63, 76], “en étant attrayant pour les enfants, motivant et amusant.”[33]. En outre, en variant les contextes dans lequel la robotique peut intervenir (par exemple en alternant les thèmes, en combinant l'art et l'ingénierie, en encourageant la narration, en organisant des présentations...) ceci permettrait également de susciter l'intérêt d'un public plus large [60]. Ainsi, l'utilisation du robot comme un outil permettrait d'apprendre à un plus grand nombre de personnes des compétences à la fois spécifiques (dans divers domaines) et transversales [77, 76] dans un cadre ludique, attrayant et motivant pour les élèves [75, 33].

Malgré le potentiel qu'offre la robotique, elle a eu beaucoup de difficulté à s'insérer dans le programme scolaire. En effet, tout comme les activités débranchées, les activités de robotique éducative ont souvent fait partie du périscolaire [78, 66, 60, 79, 55, 74]. Les explications proposées sont multiples et même si certaines tournent autour du manque de fonctionnalités et de flexibilité des systèmes, ainsi que le peu de preuves concernant les avantages de la robotique éducatives [33], la majorité sont plus ancrées dans les contraintes du terrain. Ceci peut être en termes de coûts (contrairement aux activités débranchées qui ce sont donc répandues plus facilement dans les écoles), disponibilité des ressources, contraintes de temps, de formation [66, 60] et par conséquent la confiance et l'acceptabilité de ces outils par les enseignant·e·s [33]. L'absence de curriculum bien défini [57, 33] et la problématique de l'évaluation des compétences, notamment celles en lien avec la pensée computationnelle, sont également des freins à l'adoption des robots [55]. Et pourtant, de nombreuses ressources sont mises en ligne pour les diverses plateformes de robotique éducative [80, 81, 81], des curriculums de science informatique incluant la robotique sont en train d'être définis [1, 2], de nombreux chercheurs travaillent sur la question de l'évaluation des compétences à la fois dans le domaine de la robotique et pour la pensée computationnelle [82, 83, 84], et finalement “l'intégration de la robotique dans les salles de classe ne nécessite pas nécessairement que les enseignant·e·s prennent du temps sur les programmes d'enseignement standards : la robotique peut constituer un autre point d'entrée pour que les élèves puissent explorer le contenu déjà enseigné”.

Il faut donc recentrer les efforts sur le la formation et le soutien des enseignant·e·s à la fois pour 1. l'appropriation du contenu, 2. la compréhension de l'évolution de leur rôle vers celui d'un facilitateur [60, 85] tout en saisissant que l'objectif est de leur fournir un outil pour favoriser l'apprentissage et motiver les élèves et non pas de les remplacer [57], 3. le design et la transmission d'un curriculum adéquat et adapté (aux élèves, enseignant·e·s et programme scolaire

existant) qui soit ancré dans les théories éducatives permettant également de tirer profit de la robotique également dans les compétences transversales “en termes de cognition, de développement personnel et de travail en équipe” [60]. 4. l’analyse de l’impact de l’utilisation des robots éducatifs que ce soit en termes de motivation ou d’acquisition de compétences à la fois spécifiques et transversales auprès des élèves, pour combler le manque d’évidence dans ce domaine et appuyer l’argumentation en faveur de ces outils.

2.2.3.3 Considérations Générales

Que ce soit un enseignement par activités débranchées ou robotiques, de nombreuses recherches préconisent l’importance des activités collaboratives et coopératives dans l’apprentissage [86, 87] avec un accent sur la verbalisation et la communication. Dans ce type d’activités plusieurs recherches vantent l’intérêt de la démarche d’investigation [88] et l’apprentissage par projets dont ceux où les élèves peuvent être amenés à jouer des rôles différents [76]. Promouvoir des activités et projets ancrés dans les problèmes de la vie courante [66, 3] permet également de poser un cadre où les élèves pourront voir la valeur de ce qu’ils apprennent et de transférer leurs compétences à d’autres domaines. En dehors des cadres collaboratifs, d’autres chercheurs mentionnent également le rôle que la personnalisation pourrait avoir dans les processus d’apprentissage afin de permettre aux élèves d’avancer à leur rythme [13].

2.2.4 Modalités de Formation

Selon les principes établis en Section 2.1, l’objectif était d’avoir une formation en présentiel, à proximité des enseignant·e·s et des établissements, avec une équipe de formateurs aux compétences complémentaires pédagogique et scientifique. La formation a donc été répartie sur quatre journées espacées de quelques semaines afin de donner le temps aux enseignant·e·s d’intégrer les notions présentées, tester dans leurs classes et fournir des retours à la fois pour la co-construction du projet pilote et pour leur mise en confiance.

2.2.5 Contenus des Journées de Formation

Le contenu des journées de formation a été élaboré en considérant le plan proposé pour le cycle 1 dans le Tableau 2 et en adaptant les bases déjà existantes provenant de multiples ressources. Ces dernières sont basées principalement sur les activités débranchées de **CS Unplugged** [49], les ressources pour enseignant·e·s **1,2,3 Codez** [1] ainsi que sur l’expérience acquise dans la formation des enseignant·e·s pour les Robots d’Evian entre 2015 et 2018 [30]. Des adaptations ont été effectuées au cours de l’année en prenant en compte les retours successifs des experts de l’INRIA, des formateurs de la HEP Vaud, des personnes ressources et enfin des enseignant·e·s ayant suivi les journées de formation. Au cours des différentes journées les enseignant·e·s ont été confronté·e·s aux concepts d’algorithme et langage, de machines et réseaux avec un court focus pendant les ateliers sur les liens et les enjeux sociétaux. Le concept information et données est moins présent pendant les différentes journées de part la place réduite que celui-ci est accordé dans la progression de cycle 1 proposée.

2.2.5.1 Journée 1 - Les Concepts de Base

La première journée avait pour vocation d’introduire les concepts de base de la science informatique avec un accent placé sur l’algorithmique, le langage et la découverte des notions de programmation. Au cours de cette journée les enseignant·e·s ont surtout participé à des activités

débranchées non robotiques impliquant la collaboration entre pairs. Ces dernières sont présentées sous une forme qui peut être adaptée facilement pour aborder des concepts plus complexes et pousser les élèves plus loin dans leur apprentissage. La liste détaillée des activités présentées est disponible en Annexe B.1.

2.2.5.2 Journée 2 - La Robotique

La deuxième journée a présenté le robot comme un exemple de machine qui possède des capteurs pour appréhender le monde environnant, des actionneurs pour agir dessus et un processeur. Thymio [89] et BlueBot [90] ont été sélectionnés car très utilisés avec des élèves de cycle 1, et décrits par diverses études autour des robots dans les domaines de science informatique et de pensée computationnelle [78, 77, 33, 91, 58, 48], et pour le nombre de ressources enseignant-e-s disponibles autour de ces outils [92, 93, 80, 1, 2]. Ces robots éducatifs sont interactifs et permettent une exploitation en mode débranchée, nécessitant peu de logistique, tout en restant à des prix relativement abordables. En outre, dans le cas du Thymio, il s'agit d'un robot riche en terme de capteurs permettant une utilisation dans des circonstances variées, adaptée à différents âges (et donc utilisable à travers l'enseignement primaire et secondaire) par la présence des modes pré-programmés (et donc débranchés) et diverses interfaces progressives de programmation (allant de la programmation visuelle au textuel) permettant de choisir la modalité adaptée tout en réduisant la charge cognitive liée à la programmation [94].

Ces robots sont comparés pour distinguer leurs fonctionnements, en poussant ainsi les élèves à adopter une démarche d'investigation [76] et à découvrir la programmation, à la fois séquentielle et événementielle tout en utilisant des supports variés (tangibles et visuelles), et en agissant avec son environnement. Le descriptif des activités est disponible en Annexe B.2.

2.2.5.3 Journée 3 - Concepts Informatiques

Lors de cette journée, l'objectif était d'approfondir les concepts de base. En effet, lors de l'activité de découverte et annotation du futur PER en deuxième journée de formation, il a été demandé aux enseignant-e-s d'entourer les termes qu'ils souhaitent revoir ou approfondir. Un focus a ainsi été prévu sur les notions de tests, conditions et boucles pour en favoriser une meilleure compréhension. A partir de l'analogie de la recette, l'ensemble des notions a été remobilisé. Un lien interdisciplinaire a aussi largement été proposé pour évoquer les algorithmes du quotidien de la vie des élèves mais aussi de la classe. Enfin, la découverte de l'application Scratch Jr a aussi été orientée dans cet objectif, notamment en proposant un temps débranché de conception de l'algorithme avant d'utiliser l'application. Deux autres thèmes ont été traités reprenant des notions de réseaux et de transmission de message ainsi qu'une activité adaptée d'algorithme de tri, appelée le jeu du saumon. Pour plus de détails concernant ces ateliers, se référer à l'Annexe B.3.

2.2.5.4 Journée 4 - Pour aller plus loin

Au cours de cette dernière journée les enseignant-e-s ont été confrontés à de nouvelles propositions d'activités en lien avec les précédents; l'idée était de mobiliser les notions ou compétences acquises durant les trois premières journées, notamment, rédiger des algorithmes, débrancher pour raisonner, tester différents robots et approcher la science informatique par une entrée artistique. Pour cela, le musée Artlab de l'EPFL a ouvert ses portes et accueilli la quasi totalité des groupes sur ses 3 salles. Une rencontre avec des artistes travaillant principalement avec le jeune

public¹² a permis de montrer les actions possibles en conjuguant les arts numériques au public scolaire. Des ateliers supplémentaires d’encodage et de cryptographie ont été proposés pour les enseignant-e-s en classes de 3-4P. Pour une vue complète des ateliers, se référer à l’Annexe B.4.

2.2.5.5 Activités Élèves et Contenus Enseignants Présentés lors des Différentes Journées de Formation

Les 24 heures de formation réparties sur les quatre journées ce sont donc déclinées en :

- 5h45 (24%) de contenus enseignant-e-s pour présenter la théorie et les concepts à la fois en amont et en aval des activités. Ceux-ci sont résumés en Tableau 3.
- 13h45 (57%) d’activités élèves conçues pour être directement transférables en classe. Ces activités sont présentées dans le Tableau 4 qui résume pour chacune les ressources utilisées, les concepts clefs abordés et le lien avec les concepts fondamentaux présentés en Tableau 2, ainsi que l’âge pour lequel l’activité est prévue et le matériel nécessaire. Plus de détails concernant le déroulement des activités et des compétences acquises sont fournies en Annexe B.
- 2h (8%) consacré à des échanges, prises d’informations et bilans dans l’objectif d’analyser et adapter le contenu et modalités de formation ainsi qu’évaluer la qualité de la formation délivrée.
- 1h10 (5%) d’information pour présenter les objectifs de la journée, fournir un retour sur la journée précédente etc...
- 1h20 (6%) d’informel où les enseignant-e-s peuvent prendre le temps d’échanger sur leurs pratiques.

En effet, ces journées ont été conçues avec un équilibre théorie pratique d’environ 30% - 70% jugé adéquat.

Table 3: Récapitulatif des Contenus Enseignants Présentées aux Journées de Formations

J1	Science informatique et enjeux	30'
	Algorithmes de tri : types de tri et influences dans les recherches internet	30'
J2	Robots et sociétés : fonctions, fonctionnement, histoire	15'
J3	Genre et biais en science informatique	30'
	Pensée Computationnelle : définition, attitudes et compétences	15'
	Liens interdisciplinaires avec les Moyens d’enseignement	15'
	Logigrammes : lire et produire	30'
J4	Création numérique : rencontres et projets	45'
	Autres robots à tester	45'
	Créer des défis robotiques	45'
	Matériel débranché Square	45'
Total		5h45

¹²Compagnie O’Navio : “Depuis 1996, O’Navio explore de nombreuses formes artistiques : théâtre, danse contemporaine, vidéo, marionnettes et théâtre d’objets... [...] La compagnie est conventionnée par le Ministère de la Culture / DRAC Limousin, la Région Limousin et le département de la Haute-Vienne”. Elle adopte une politique de l’OpenSource, dans la philosophie du Thymio et lors de leur spectacle **A Pas de Loup** ont utilisé plusieurs objets connectés (Arduino, Makey Makey et Thymio). Pour un lien vers l’article appuyer ici.

Table 4: Récapitulatif des Activités Elèves Présentées aux Journées de Formations

J	N°	Activité	Dé/Branché Robotique	Sources	Concepts clés	Attentes Fondamentales et Concepts	Matériel	Degré	Durée
J1	1	Machine à trier	D	CS Unplugged	Instructions, Algorithme, Conditions, Machine	1 A3 ;	Bâche Cartes à ranger	2- 4P	45'
	2	Chasse au trésor	D	1, 2, 3 Codez	Instructions, Programme, Conditions	1 A3 ; A4	Quadrillage	1-4P	45'
	3	Jeu de la Grue (cubes puis gobelets)	D	Jeu des Gobelets (Irem Réunion) Human Crane Code.it	Instructions, Algorithme, Programme, Boucles, Débogage	1 A2 ; A3 ; A7 ; M3	Cubes, Gobelets	1-4P	45'
	4	Pixel Paravent	D	Pixees EPFL	Langage, Codage	2/D1	Grilles, jetons	3-4P	45'
	5	Jeu du Robot	D	Pixees EPFL	Instructions, Algorithme, Langage, Programme, Boucles	1 A2 ; A3 ; A4 ; A6 ;	Quadrillage au sol	1-4P	45'
J2	6	Bluebot	D/B R	Recit Canada, Canopé 25 HEP Vaud, FR, EPFL, SPS	Machines, Programme, Débogage	1 et 3 M1-4, A5	Bluebot, Tapis, Barres, Tablette	1-4P	1h30
	7	Thymio Pré-programmés	D R	INRIA - EPFL	Machines, Programme	1 et 3 M1-4,A5	Thymio, Jeux de construction	1-4P	1h30
	8	Thymio VPL	B R	INRIA - EPFL	Machines, Langage, Programme	1 et 3 M1-4,A5	Thymio, Ordinateurs	4P	1h30
J3	9	Algorithmes du quotidien	D	EPFL	Instructions, Algorithme, Langage, Programme, Boucles, Conditions	1 A1	Recettes, Instruments de musique	1-4P	1h30
	10	Tri du saumon	D	EPFL Pixees	Algorithme, Tests	1 A1	Cartes à trier	3-4P	30'
	11	Scratch Jr	B	1, 2 , 3 Codez Canope 78	Instructions, Algorithme, Langage, Programme, Boucles, Conditions	1 A 1-6	Tablettes ou ordinateur	3-4P	1h30
	12	Réseaux	D	CS Unplugged	Réseaux, Sécurité	3 M4	Cubes, enveloppes	4P	30'
J4	13	Thymio VPL débranché	D R	Edu.ge EPFL	Machines, Langage, Programme	1 et 3 M1-4 A5	Thymio, ordinateurs, étiquettes	4P	45'
	14	Cryptographie	D	1, 2, 3 Codez HEP Vaud	Codage	2 D2		4P	45'
Total									13h45

2.3 Synthèse

La science informatique est une discipline qui regroupe l'ensemble des concepts et compétences nécessaires au traitement de l'informatique par des algorithmes rédigés dans un langage compréhensible par des machines. Pour introduire le numérique dans les écoles, la voie sélectionnée est donc celle d'une formation générale, à tous les niveaux avec l'introduction d'une nouvelle discipline de science informatique qui comprend notamment des compétences transversales de pensée computationnelle. Les avantages principaux de commencer l'enseignement cette matière en cycle 1 est de donner le temps aux élèves d'acquérir ces nouvelles méthodes de pensée qui peuvent être transférées à d'autres disciplines et de leur donner une vision globale de ce qu'est la science informatique dans l'objectif de leur donner une meilleure idée ce qu'est ce domaine qui est souvent réduit aux usages, et donc à un ordinateur ou à la programmation. La conception de la formation a commencé par l'établissement d'un certain nombre de principes qui, centrés autour de l'enseignant, avaient pour vocation d'avoir un contenu adapté au public visé, de développer leurs compétences professionnelles, les inciter à intégrer cet enseignement dans leurs classes de manière pérenne et qui soit réaliste pour un déploiement à grande échelle. En partant de ces principes établis en Section 2.1, il a fallu sélectionner le contenu adapté à la fois aux enseignant·e·s et aux élèves de cycle 1. Pour ceci une progression des apprentissages autour des concepts fondamentaux a été établie et a servi de base pour la sélection du contenu des journées de formation, à la fois pour les contenus enseignant·e·s et pour les activités élèves. Ces contenus avaient pour objectif d'être concrets, pratiques et directement transférables en classe, en se basant sur un principe d'isomorphisme où les enseignant·e·s adopteraient la place de l'élève pendant les ateliers. Les activités élèves ont été choisis pour être interactives et collaboratives en s'appuyant sur un nombre d'activités débranchées et robotiques permettant d'aborder des notions de science informatique sans utilisation d'ordinateurs ou de programmation. L'ensemble des compétences et sous compétences attendues des élèves du cycle en effectuant ces activités sont récapitulées en Annexe ???. Chacune des quatre journées de formation de six heures réservait également des temps dédiés à une théorie minimale, nécessaire et suffisante en amont et en aval des activités ainsi que des temps d'information, d'échanges de pratiques et d'évaluation dans une visée de co-construction d'une expérience pilote.

3 Réalisation de la Formation

3.1 Partenaires et Différents Acteurs

La formation a été élaborée par l'EPFL pour les établissements pilotes sous la supervision du DFJC et en partenariat avec la HEP Vaud responsable la formation initiale et l'UNIL en charge de l'évaluation du projet dans sa globalité. Un résumé des rôles et interactions entre les différents acteurs est visible en Figure 1. L'élaboration de cette formation a nécessité un travail conséquent de coordination et de conception des contenus et des sessions. Un bilan du temps de conception et de mise en place de la formation du point de vue de l'EPFL et des formateurs est disponible en Section 4.5.

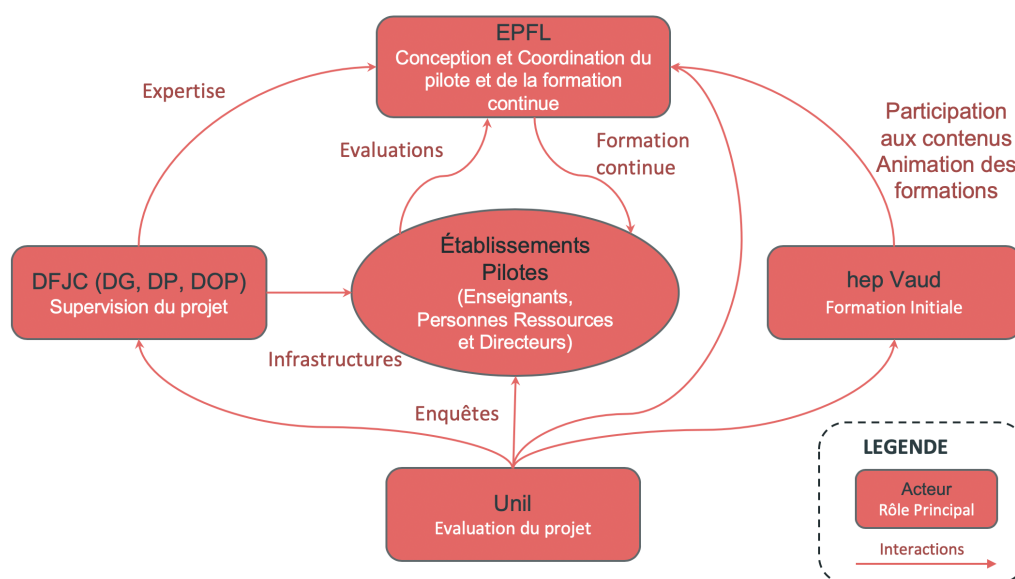


Figure 1: Récapitulatif des Différents Acteurs Ayant Participé à la Mise en Place de La Formation Continue avec Leurs Rôles et Interactions

Six groupes de travail ont été créés pour faciliter la coordination et la répartition des tâches:

1. Groupe Référentiel chargé de l'écriture des référentiels et du plan d'études (DP).
2. Groupe Formations élaborant les contenus et assurant l'organisation des formations (EPFL et HEP Vaud). Au total onze formateurs ont co-construits et animé les différentes sessions de formation. L'expertise de la DP était fournie par le biais de trois collaborateurs.
3. Groupe Supports et Ressources rédigeant les guides d'enseignement qui seront mis à disposition des enseignant·e-s et délivrant les contenus des formations à distance (EPFL et DP).
4. Groupe Accompagnement de la science informatique dans les écoles et organisant le suivi dans les établissements (EPFL).
5. Groupe Evaluation définissant critères et indicateurs du projet et rédigeant l'évaluation du projet dans son ensemble (UNIL).
6. Groupe administration gérant les attestations délivrées aux enseignant·e-s (DP).

D'autres partenaires ont été actifs dans la réalisation du projet, notamment la DOP et le CIPEO pour la gestion et la livraison du matériel.

3.2 Mise à Disposition des Ressources

3.2.1 Moyens d’Enseignement

Au cours de la première journée de formation, toutes les classes représentées ont reçu l’ouvrage 1, 2, 3 Codez conçu par la Main à la Pâte. Ce premier guide leur offrant une première partie théorique adaptée à l’enseignement de la science informatique en cycle 1 est une ressource clé en main pour soutenir l’entrée des enseignant·e·s dans ce nouveau domaine. Une plate-forme à distance Moodle a été proposée à tous les enseignant·e·s pour avoir accès au matériel des formations (présentations, fiches d’activités) et faciliter une messagerie commune.

3.3 Ressources de Classe

Un des principes retenu pour la réalisation du projet est de fournir le matériel nécessaire à la réalisation des activités dans les classes. Pour cela, l’équipe a anticipé la conception et livraison du matériel pour les journées de formation en lien étroit avec les services de la Direction Générale. Pour les activités débranchées, une bâche de 4×3 mètres a été réalisée pour chaque établissement pour permettre de réaliser l’activité de la “Machine à trier”. Afin de répondre aux demandes des enseignant·e·s qui devaient organiser son partage et sa logistique, 32 bâches supplémentaires ont été adressées aux écoles en variant les formats pour tester le matériel. Une boîte de petit matériel a également été allouée pour chaque établissement pour les autres activités vécues en première journée. Pour chaque classe, deux robots ont été fournis, un automate Bluebot et un robot Thymio. Regroupés sous forme de valises de six items, ils ont été livrés avec quelques accessoires complémentaires : 4 barres de programmation pour la Bluebot, une boîte d’activités “Challenge Pack” pour le Thymio. Dans la perspective de poursuivre l’engagement des enseignant·e·s dans les usages numériques, un iPad leur a été alloué en toute fin d’année. Peu de classes bénéficient aujourd’hui de ce matériel pour les élèves. Une dotation de quatre iPads par classe de 3-4P est en cours de réalisation.

3.3.1 Rédaction du Plan d’Etudes Romand (PER)

Tout au long de l’année, un groupe de travail composé de 7 personnes issus des différentes institutions a rédigé un plan d’études décrivant les attentes fondamentales des élèves du cycle 1. Un premier jet a été soumis aux enseignant·e·s en janvier durant un temps de la formation dédié à la lecture et la critique de cette proposition. Il a ensuite été remodelé en fin d’année scolaire en prenant en compte les retours du terrain et en apportant une cohérence aux différents éléments inscrits. Pour disposer d’un objectif clair et fondamental au cycle 1, le plan s’est concentré sur l’idée forte que les machines obéissent à des instructions données par l’être humain. Afin de démystifier la magie numérique chez les élèves, le champ informatique et société a été complété pour situer ces machines dans le monde qui les entoure, et notamment pouvoir les distinguer de l’être humain.

4 Analyse de l'Année Pilote 2018-2019 pour le Cycle 1

4.1 Méthodologie

Ce bilan a pour objectif d'évaluer la formation dans sa globalité et du point de vue de l'ensemble des personnes concernées, à savoir les 350 enseignant·e·s de cycle 1, dont les 21 personnes ressources (PR), qui représente un public à 98% féminin, les 10 directeurs d'établissements, élèves et formateurs. Le calendrier des différentes interventions ayant eu lieu au cours de cette année pilote sont disponibles en Figure 2. Les acteurs ont été sollicités à intervalles réguliers au courant de l'année. Les journées de formation 1 à 3 se sont déroulées en 15 sessions sur les sites des établissements alors que la dernière s'est tenue à l'EPFL sur 3 jours. Pour chacune des journées ainsi que les journées personnes ressources, il fallait environ 3 journées de rencontres entre les formateurs. Les données sur lesquelles l'analyse s'appuie ont été recueillies au courant de ces différentes interventions. Les moyens employés pour les récolter sont résumés dans le Tableau 5.



Figure 2: Calendrier des Interventions de la Formation Pilote Depuis Juillet 2018 à Juin 2019

Table 5: Récapitulatif de l'Ensemble des Données Récoltées Ayant Permis d'Établir le Bilan de l'Année Pilote Pour le Pilier 1 du Cycle 1

		Méthodologie et Données Recueillies		
Retours des	Enseignants	4 questionnaires, chacun distribué à la fin d'une des journées de formation		
		Focus groupe avec recueil de post-its (1200) et prise de notes par un co-animateur de la discussion		
	Personnes Ressources	<ul style="list-style-type: none"> - Questions sur échelle de Likert pour la satisfaction - Questions par rapport à l'adoption, la confiance de mise en oeuvre, le besoin de compléments de formation, la mise en oeuvre en classe et les élèves - Questions ouvertes et moments de retour en début de journée pour des retours plus détaillés sur les activités effectuées, les modifications à effectuer, la confiance dans la formation, le projet et l'intérêt global du projet 		Bilan sur l'année et sur les perspectives de déploiement
		Un Focus groupe en février fin de chaque journée de formation PR et 3 questionnaires en fin de chaque journée		
	Directeurs	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptations à effectuer en termes de format et de contenu avant la journée de formation des enseignant·e-s - Bilan sur leurs rôles, interactions avec les enseignant·e-s, directeurs d'établissements, retours enseignant·e-s 		
		Questionnaire en début d'année Pilote	Bilan en fin d'année par questionnaire et focus groupe	Réunions mensuelles avec les chefs de projet convoquées par la Direction Générale
Formateurs	<ul style="list-style-type: none"> - Attentes du projet - Enthousiasme - Points forts et problèmes perçus - Prédications sur l'année pilote 		<ul style="list-style-type: none"> - Questionnaire (Unil) - Focus groupe 	
	Focus groupes précédant les journées de formation avec des experts	Retours suite à chaque journée de formation		
	Adaptation et validation du contenu des journées de formation	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement de temps - Retours sur les activités et modifications à effectuer - Retours sur le déroulement des journées de formation 		

4.2 Enseignant·e-s

Les questionnaires ont été distribués en format papier sur le dernier quart d'heure de formation, en conclusion de la journée de formation pour les 3 premières journées, recueillis directement par les formateurs à la sortie. La dernière session, les questionnaires ont été glissés dans les programmes des enseignant·e-s. Leur planning leur proposait différents ateliers dispersés sur le campus de l'EFPL. Le recueil de ces derniers questionnaires n'a pas été assez explicite et systématisé dans les différents lieux d'où la baisse de retours visibles en J4. Le nombre de retours varie ainsi au fur et à mesure de l'année. D'autre part, un chiffrage des identifiants a été ajouté en J2 pour permettre de suivre dans l'anonymat les évolutions de certains enseignant·e-s (87 qui peuvent être suivis entre les journées 2 et 4). Les réponses réparties par degré et par établissement selon les différentes journées est présenté dans le Tableau 6.

Table 6: Nombre de Retours Enseignant·e-s Obtenus par Jour par Degré et par Cycle. Il est important de noter que les enseignant·e-s désignés comme “autre” sont soit des enseignant·e-s hors cycle, spécialisés, personnes ressources ou des enseignant·e-s qui n’ont pas rempli le champ dans le formulaire. C’est ce cas qui est majoritaire, notamment en journée 1 de formation.

Etablissement	Nombre de Retours Enseignant·e-s Obtenus en															
	Journée 1				Journée 2				Journée 3				Journée 4			
	1-2P	3-4P	Autre	Total	1-2P	3-4P	Autre	Total	1-2P	3-4P	Autre	Total	1-2P	3-4P	Autre	Total
Aigle	10	14	3	27	16	22	7	45	15	21	4	40	6	18	0	24
Chavannes	14	15	2	31	14	15	4	33	13	17	2	32	7	11	1	19
Chavornay	10	10	4	24	12	13	5	30	14	9	5	28	2	8	2	12
Cugy	4	7	1	12	8	13	0	21	8	12	1	21	4	8	3	15
Genolier	0	2	0	2	9	9	4	22	10	12	2	25	5	11	4	20
Le Mont	5	7	1	13	10	9	1	20	11	9	2	22	6	9	4	19
Sainte-Croix	8	8	2	18	9	7	2	18	9	7	0	16	3	7	2	12
Tour de Peilz	8	9	2	19	13	4	3	30	10	11	4	25	10	10	2	22
Villeneuve	11	8	1	20	12	13	6	31	9	13	4	26	11	11	3	25
Yverdon	12	15	5	32	24	21	8	53	20	25	6	51	11	13	2	26
Inconnu	3	1	89	93	3	1	13	17	3	0	20	23	1	5	14	20
Total	85	96	110	291	130	136	54	320	124	137	48	309	66	111	37	214

4.2.1 Satisfaction

Lors des différentes sessions, les enseignant·e-s ont pu évaluer les formations sur différents critères récurrents, faisant écho aux principes de formation énoncés plus haut, pouvant ainsi témoigner de leur satisfaction. Cette dernière est dans sa globalité très positive, avec des retours sur une échelle de 1 à 4 de 3.4 ± 0.75 sur la formation entière, et relativement stable sur l’ensemble des journées avec 3.3 ± 0.9 , 3.6 ± 0.6 , 3.3 ± 0.7 et 3.4 ± 0.7 en considérant la moyenne des réponses fournies. Les scores obtenus sur les quatre journées restent élevés et très favorables. Une relative baisse peut être pointée sur les deux dernières, tandis que la journée la plus appréciée est celle dédiée à la robotique éducative, suivie de la journée sur les concepts de base.

En ce qui concerne les différents publics, la Figure 3 montre que les enseignant·e-s de 1-2P sont globalement aussi satisfaits que les 3-4P.

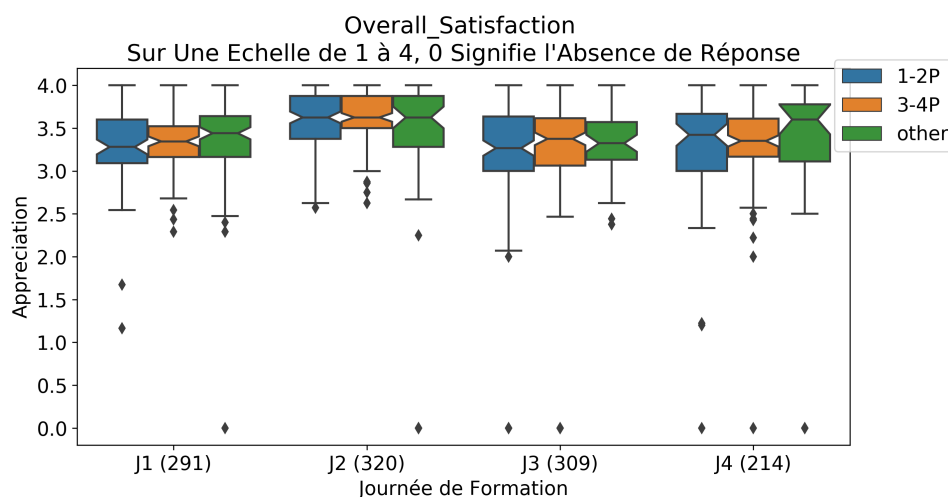


Figure 3: Satisfaction Globale des Enseignant·e-s En Moyennant les Différents Retours Par Journée et Par Degré Enseigné

Les réponses aux questions suivantes sont récapitulées en Figure 4 et permettent d’évaluer plus finement la satisfaction observée :

- La formation était riche et intéressante

- La formation a répondu à mes attentes
- L'équilibre entre les différents temps de formation était adapté
- Le niveau de difficulté global de la formation était adapté
- L'appréciation des ateliers

En effet, en observant les retours en termes de richesse de la formation et réponse aux attentes, les 3-4P paraissent en moyenne légèrement plus satisfaits que les 1-2P. Cela s'explique dans les retours des enseignant·e·s par le fait que les propositions d'activités se destinent majoritairement aux élèves de 3-4P. Le choix a été fait au départ de ne pas délivrer une formation différenciée par demi-cycle mais plutôt de dispenser les mêmes contenus pour tous pour favoriser une culture informatique commune et une cohésion sur l'intégralité du cycle. Ceci a permis aussi d'engager une dynamique des équipes, recueillie lors des témoignages des focus group lors de la dernière journée de formation. En effet, ces témoignages confirment l'impact de la formation au niveau de l'établissement d'une communauté d'échange et de collaboration entre les collègues (36 post-its) que ce soit au niveau des pratiques, ateliers ou du matériel.

En regard des principes nommés plus haut, la journée robotique (J2) produit un fort intérêt en 3-4 P notamment avec des scores maximums recueillis pour l'intérêt et l'appréciation des ateliers en Figures 4(a) et 4(e). Le niveau de difficulté global ainsi que l'équilibre des formations paraissent aussi très satisfaisants (voir Figure 4(d) et 4(c)). Les retours des enseignant·e·s dans les focus groupes et les questionnaires (voir Figure 5 pour les retours en journée 1) nous permettent de confirmer le choix opéré sur les modalités des ateliers en proposant des activités "concrètes", "pratiques", "transférables directement", "sans trop de théorie". Le score satisfaisant des attentes fournit un élément positif sur l'adaptation des contenus. Tout de même, une réticence est perceptible auprès des enseignant·e·s de 1-2P (Figure 4(b)), qui s'explique par le transfert impossible de certains concepts dans leurs classes, commentaires récurrents dans les questionnaires. Cependant, la réception positive de l'intégration de ce nouveau domaine dans les classes et l'appréciation des ateliers par les enseignant·e·s de tout degré (Figure 4(e)) ne remet pas en cause l'utilité de présenter l'ensemble de la formation sur tout le cycle. D'ailleurs, les échanges au cours des formations ont montré leur intérêt grandissant sur les problématiques générées par ce nouvel enseignement.

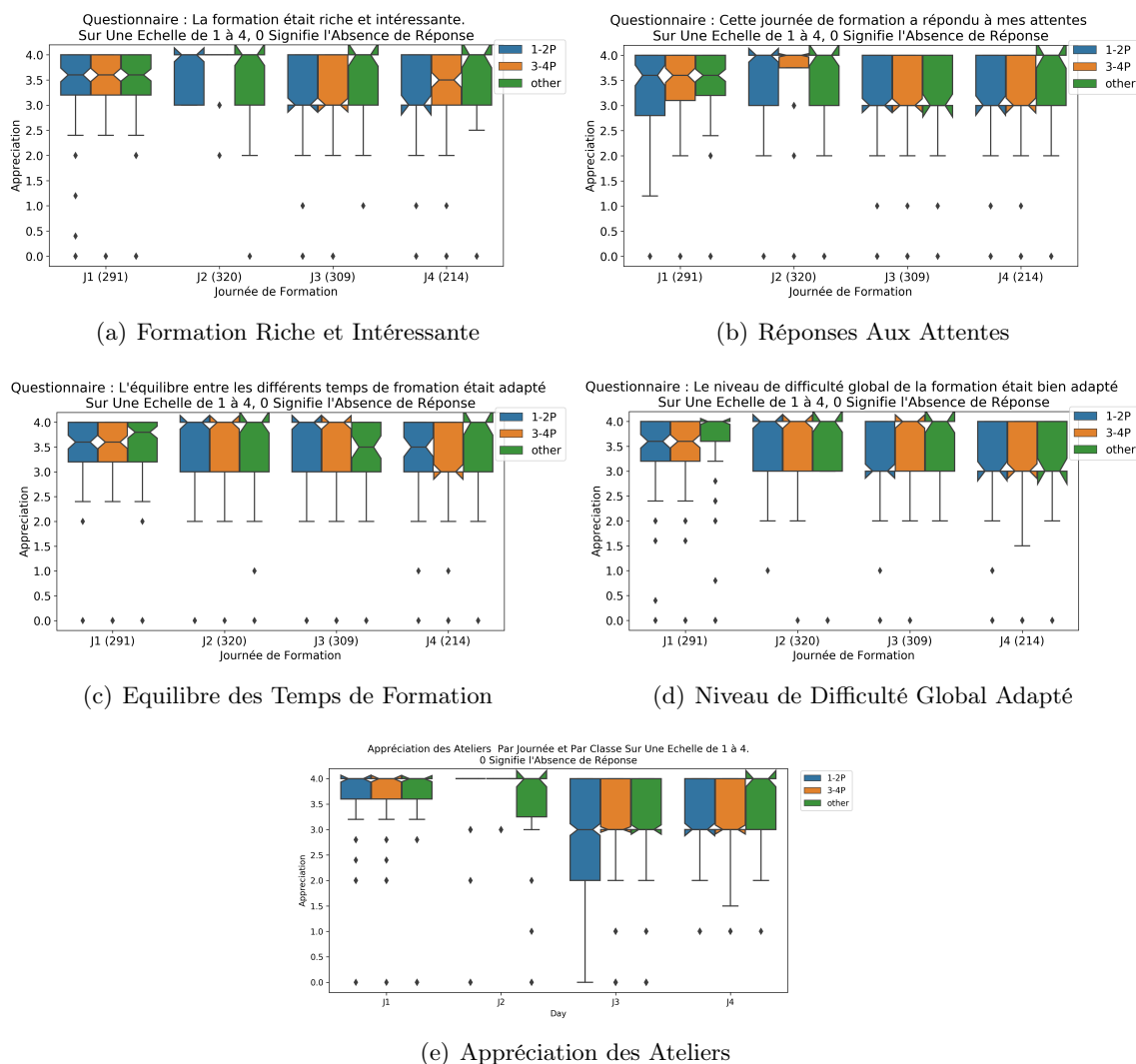


Figure 4: Satisfaction Par Journée et Par Degré Selon Les Différentes Questions Posées. Pour les différents graphiques, le bleu représente les réponses des enseignant·e-s de 1-2P, le orange les réponses de enseignant·e-s de 3-4P et le vert les enseignant·e-s pour lesquels le degré n'était pas fourni.

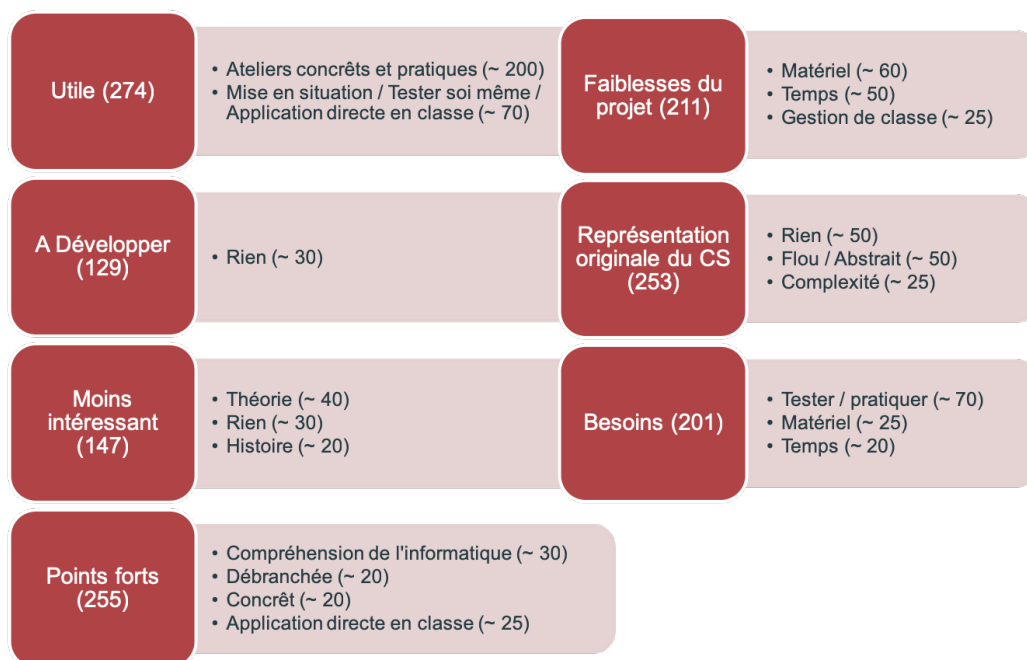


Figure 5: Retours des Enseignant-e-s sur la Formation Suite à la Journée 1.
Entre parenthèse sont fournis le nombre de retours obtenus par question et réponse.

La relative baisse en termes d'appréciation des ateliers observée en J3 (voir Figure 6(a)) s'explique par différents éléments du contenu proposé :

- De nombreuses absences de réponses à l'item MER (moyen d'enseignement) fait chuter l'appréciation de cet atelier. Le contenu visait à découvrir la pensée computationnelle aux enseignant-e-s et de rattacher les activités présentes dans les moyens d'enseignement dans les démarches de science informatique. Ceux-ci ne sont pas forcément connus dans les différents degrés, et la plupart des exemples donnés avaient été repris des moyens mathématiques des 3-4P. D'autre part, les Figures 6 et 7, nous apportent des précisions complémentaires à savoir que certains contenus n'ont pas été dispensés pour des raisons de temps ou de maîtrise des contenus, exprimées par les formateurs lors des temps de bilans en équipe (Figure 7(a)). Cet atelier de 20 minutes a aussi évolué durant les sessions pour ne s'attacher qu'à la pensée computationnelle ne correspondant donc pas à la dénomination de la question.
- De même, l'atelier genre (Figure 7(b)) a connu des différences de présentation selon les établissements pour des raisons similaires. La complémentarité des binômes paraît un élément important nécessitant des profils adaptés notamment pour des sujets pédagogiques qui requièrent des expertises du terrain.

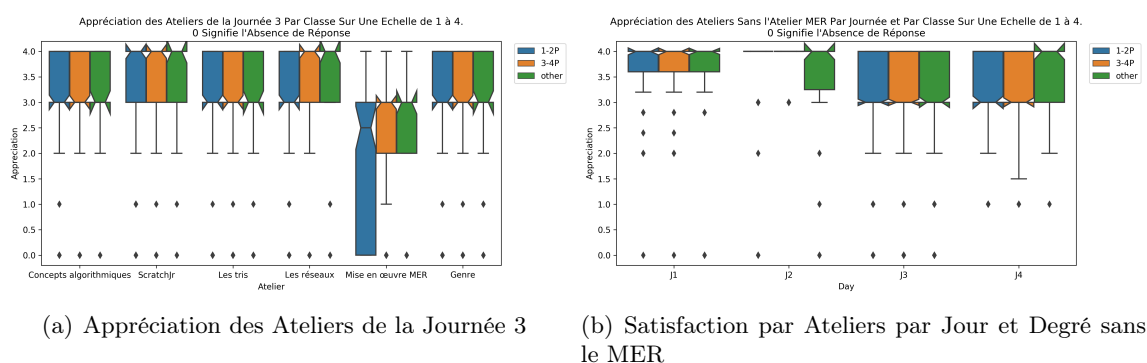


Figure 6: Analyse de la Satisfaction Faible pour 1-2P en Journée 3 Par l'Observation de la Satisfaction des Différents Ateliers. L'atelier MER en particulier a reçu des retours faibles par rapport aux autres, notamment auprès des 1-2P. En effet, en retirant cet atelier de l'analyse de la satisfaction, les disparités entre les 1-2P et 3-4P disparaissent.

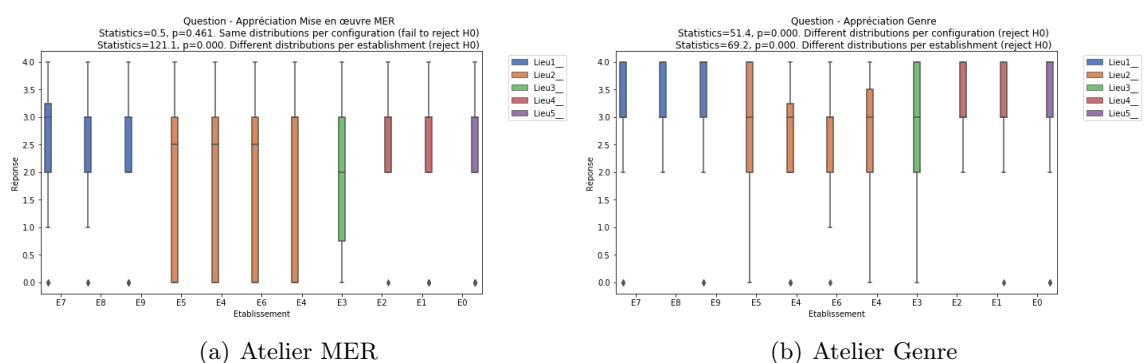


Figure 7: Analyse de la satisfaction pour les ateliers MER et Genre à travers les différents établissements selon les formateurs ayant donné les ateliers. Les établissements sont anonymisés et ceux de la même couleur ont suivi la même formation. La satisfaction des établissements ayant suivi les formations en Lieux 2 et 3 (orange et vert) est significativement plus faible.

D'un point de vue général, des observations dans les questionnaires soulignent le besoin d'aligner les contenus aux nouveaux moyens mathématiques pour éviter les doublons et suggèrent de coordonner le déploiement aux autres réformes en cours. Ces deux éléments signalés garantiront en effet la satisfaction des futures formations, pour un contexte favorable et cohérent.

4.2.2 Adoption

Pour répondre aux objectifs du projet, il ne suffisait pas que les enseignant·e·s soient satisfait·e·s de la formation dispensée mais qu'il y ait une réelle appropriation du matériel et des activités dans les classes, d'autant plus que les enseignant·e·s étaient libres de le faire ou non, comme aucune obligation n'avait été formulée par les formateurs. Les enseignant·e·s ont donc indiqué dès la deuxième journée de formation le nombre de périodes effectuées pour les différents ateliers. Ils ont fourni leurs remarques générales sur ces derniers ainsi que les modifications qu'ils ont pu apporter pour la mise en oeuvre en classe. Malgré l'appréciation de la qualité du matériel fourni dans les valises débranchées (18 post-its en journée 4), les enseignant·e·s ont créé leur matériel propre, souvent pour le mettre en lien directement avec d'autres activités de classe. Ils ont néanmoins soulevé les problèmes de ressources les ayant empêchés de mettre en oeuvre les activités dans leurs classes, à la fois en termes d'indisponibilité du matériel qui a souvent été partagé entre plusieurs sites (24 post-its) ainsi que le manque de temps (25 post-its), notamment lorsque le temps entre les journées de formation étaient trop rapproché.

Malgré ces retours, les enseignant·e·s ont été nombreux à mener des activités dans leurs classes comme témoigne la Figure 8 qui montre l'évolution du nombre ainsi que la proportion d'enseignant·e·s ayant effectué 0, 1, 2 ou plus d'activités différentes dans leurs classes. Comme le nombre de retours par journée variait, il était important de considérer la proportion des enseignant·e·s ayant fourni les retours. Ainsi la proportion d'enseignant·e·s ayant effectué des activités dans leurs classes croît au fur et à mesure des journées pour aller de 88% en journée 2 (avec 320 retours) à 92% en journée 3 (avec 306 retours) et enfin 97% en journée 4 (avec 213 retours) en considérant les enseignant·e·s qui étaient en mesure de mener des activités. En ce qui concerne la distribution du nombre d'activités effectuées en journée 4, il est possible de constater en Figure 9 que les enseignant·e·s ont effectués majoritairement 3-4 activités différentes dans leurs classes, sur les 12 activités vues à ce stade.

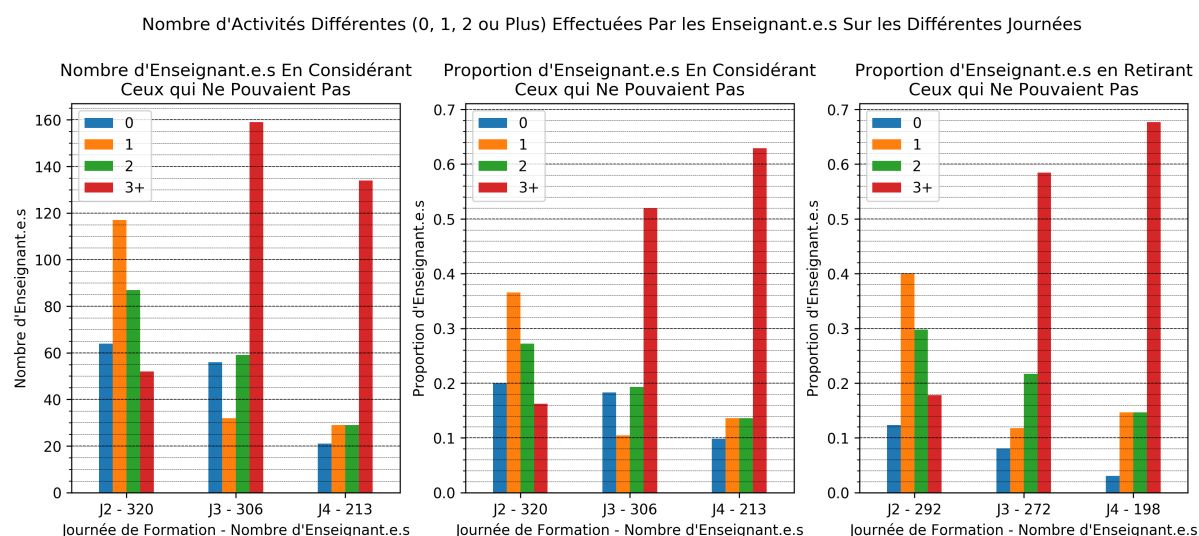


Figure 8: Nombre d'Activités Différentes (0, 1, 2 ou Plus) Effectuées Par les Enseignants Sur les Différentes Journées En Prenant en Compte Différents Facteurs. De gauche à droite : le nombre de retours, la proportion d'enseignant·e·s et enfin la proportion d'enseignant·e·s parmi ceux qui pouvaient implémenter les activités dans leurs classes.

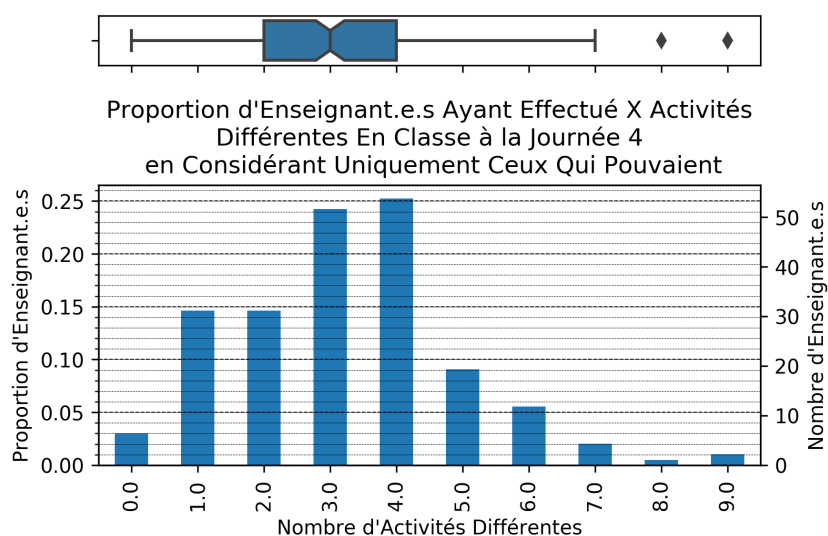


Figure 9: Nombre d'Activités Différentes Effectuées par les Enseignant·e·s en Journée 4
Deux points doivent néanmoins être clarifiés par rapport aux taux d'adoption présentés :

- **Contraintes empêchant la mise en oeuvre :** un certain nombre de retours mettaient en avant des contraintes les empêchant de mettre en oeuvre les activités comme ne pas avoir participé aux premières journées, revenir de congé maternité, de partager la classe, de ne pas avoir de classe attitrée, de temps partiel et de postes d'enseignants spécialisés. 1. Comme l'objectif est d'évaluer l'adoption par rapport à la volonté et l'implication des enseignant·e·s, ces cas (28, 34 et 15 pour J2, J3 et J4 respectivement) ont été retirés pour le calcul du taux d'adoption final. Ceci est cohérent avec le fait que peu de refus ont été exprimés (2, 1 et 0 pour J2, J3 et J4 respectivement) par rapport à la formation et au contenu. Le bilan reconferme ce point comme uniquement 9 post-its sur 1200 expriment des réticences "idéologiques" vis à vis de ce pilote par rapport à la place trop importante qui serait accordée au numérique par rapport à d'autres points tel que l'inclusion 360 ou l'environnement ainsi que la contradiction entre les discours souhaitant une réduction du temps face aux écrans et l'utilisation de tablettes et ordinateurs pour la science informatique etc... En outre, les justifications fournies (sans avoir été explicitement demandées) laisseraient supposer que ces enseignant·e·s auraient mis en place des activités dans leurs classes s'ils avaient pu, ce qui aurait ainsi mené à un taux plus élevé.
- **Faible taux de retours de la journée 4** qui pourrait remettre en question la validité de notre taux d'adoption de 97%. Le premier élément à considérer est que cette valeur est minorée par le taux de 92% obtenu en journée 3 qui lui a obtenu environ 90 réponses supplémentaires. Le deuxième est que le faible nombre de retours en journée 4 est dû à un manque de systématisation dans la récupération des formulaires comme mentionné précédemment et non pas à un rejet de la part des enseignant·e·s. Ainsi il est juste de considérer que les formulaires récoltés en dernière journée sont représentatifs de la population des enseignant·e·s.

Compte tenu de ces deux arguments, nous pouvons affirmer que le taux d'adoption de cette formation, défini comme le fait d'avoir mené au moins une activité en classe, est de 97% en journée 4. Cette limite a été choisie au vu de l'effort nécessaire pour mener une de ces activités en classe, compte tenu des contraintes de temps souvent mentionnées par les enseignant·e·s, et du fait que les enseignant·e·s étaient libres ou non de les mettre en oeuvre. Ceci témoignerait donc du succès de cette formation, d'autant plus en considérant l'estimation initiale des directeurs d'établissements qui recensaient 16% de réticent·e·s, 40% à convaincre et les 44% de convaincu·e·s parmi les enseignant·e·s de leurs établissements.

En considérant les taux d'adoption des différentes activités, quatre activités se démarquent par rapport aux autres : la machine à trier avec 69%, la Bluebot avec 61% et le jeu du robot et Thymio Pré-Programmé avec 53% des enseignant·e·s qui l'ont expérimenté dans leurs classes au moins une fois (voir Figure 10). Ceci témoigne donc de la satisfaction des enseignant·e·s avec ces activités et vient compléter les observations concernant la satisfaction générale qui était plus élevée la journée de la robotique (J2).

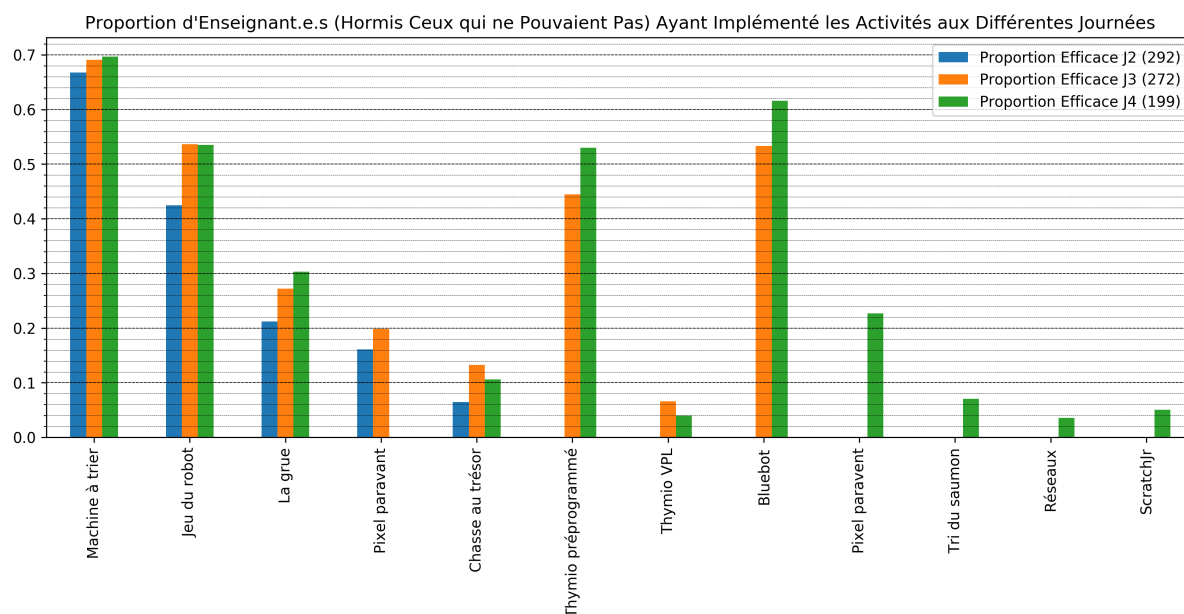


Figure 10: Proportion d'Enseignants Ayant Effectué les Activités Selon la Journée et le Degré

Plus de 2300 périodes d'activités effectuées par les enseignant.e.s après les deux premières journées sont recensées au bout de 14 semaines d'activité dans les classes (voir Tableau 7). Il est possible de relever quelques tendances quant à la répartition de ces périodes en observant le Tableau 7 et la Figure 11.

Table 7: Répartition du Nombre de Périodes Effectuées Selon le Degré Enseigné et le Type de l'Activité, Une Fois en Considérant Branché Par Rapport à Débranché et Une Fois en Considérant Robotique et Non Robotique

	Degré Enseigné			
	1-2P (130)	3-4P (136)	Autre (54)	Total (320)
Débranchées	789	1213	277	2279
Branchées	18	14	1	33
Total	807	1227	278	2312
Robotique	503	753	178	1434
Non Robotique	304	474	100	878

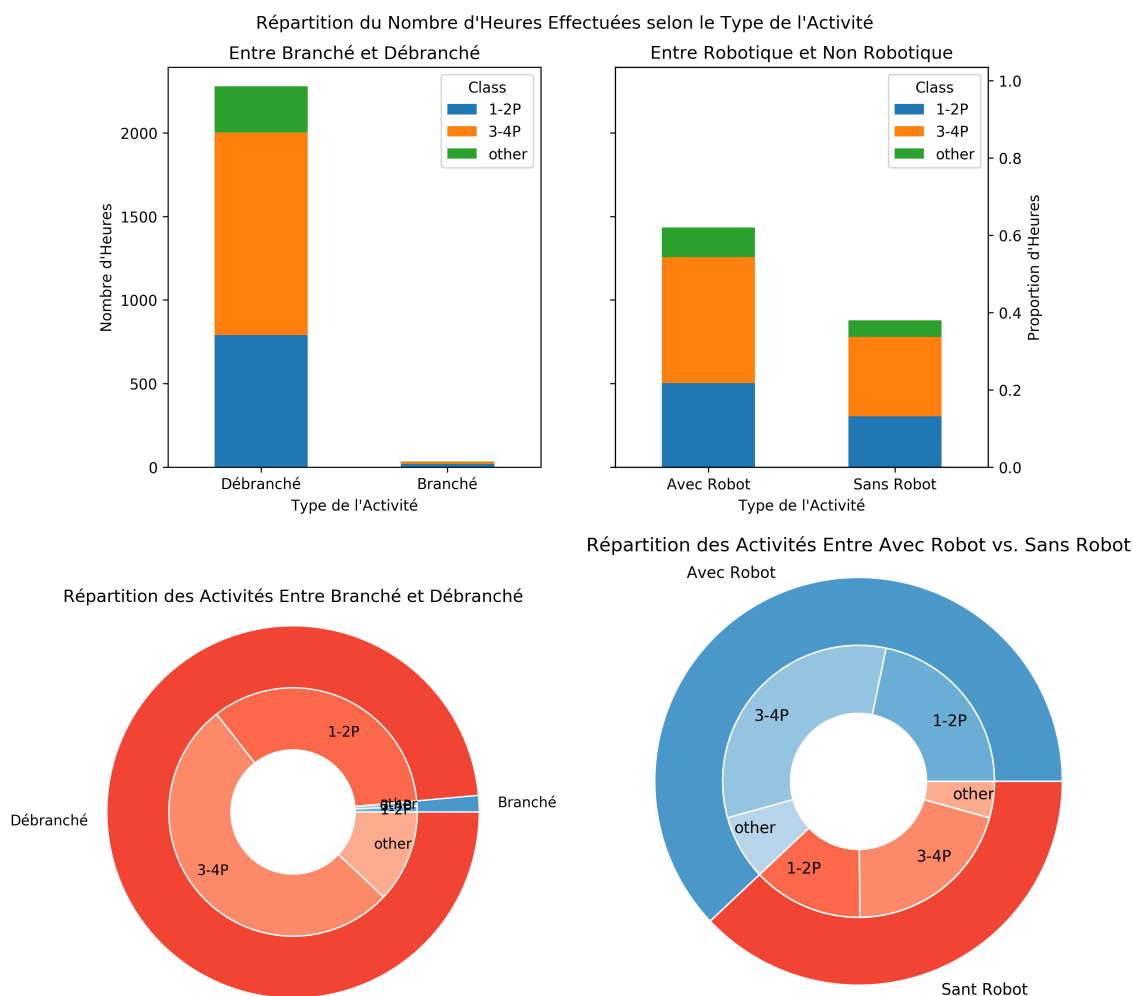


Figure 11: Nombre d'Heures Effectuées Par Les Enseignant·e·s Réparties Selon le Type de l'Activité et le Degré Enseigné.

- Branché vs. Débranché** : Premièrement, malgré le fait d'avoir proposé une activité branchée en journée 2 (programmer en VPL), seul un faible nombre d'enseignant·e·s s'en est emparée (moins de 40 périodes). Tout de même, en observant les activités recensées en Journée 4, et donc contenant l'activité Scratch Jr. en plus, uniquement 5% des enseignant·e·s l'ont implémentée dans leurs classes contre 4% pour le Thymio VPL (voir Figure 10). Ainsi, les activités effectuées sont essentiellement des activités débranchées, ce qui est cohérent avec les activités proposées à ce stade où tous les élèves appréhendaient pour la première fois les concepts de base sans connaissances préalables. De plus, l'indisponibilité des tablettes et la gestion des ordinateurs dans les classes expliquent aussi le score minimum obtenu par ces propositions branchées. Enfin, la réticence des enseignant·e·s face à l'usage des écrans dans les classes a pu aussi être exprimée durant les temps de formation.
- Robotique vs. Non Robotique** : Le décompte des heures notées dans les questionnaires montrent que, malgré le temps disponible entre les séances et la logistique parfois complexe du matériel, les enseignant·e·s ont effectué plus d'heures d'activités robotiques que non robotiques¹³ avec 1'434 et 878 périodes respectivement. En observant le nombre d'enseignant·e·s ayant effectué ces activités en Journée 3 (Figure 10) il ressort que moins d'enseignant·e·s ont effectué les activités robotiques de la journée 2 par rapport aux activ-

¹³Dans activités robotiques sont intégrés le jeu du robot, Thymio pré-programmé, Thymio VPL et la Bluebot.

ités ayant eu du succès en journée 1 (machine à trier et jeu du robot), ce qui est cohérent avec le partage du matériel entre classes et sites. En effet, les enseignant·e·s ayant eu accès aux robots les ont souvent empruntés pendant une durée plus longue afin d'effectuer des séquences de plusieurs périodes avec leurs classes, comme le montre la Figure 12 dans le cadre de l'activité de Thymio Pré-Programmé. Les retours lors des temps d'échanges montrent l'enthousiasme des enseignant·e·s et des élèves pour les séances robotiques malgré les craintes soulevées liées à la gestion de classe et la maîtrise des contenus.

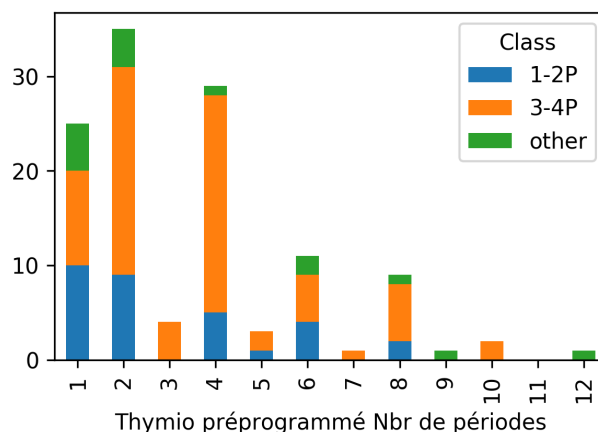


Figure 12: Répartition du Nombre de Périodes Effectuées par Enseignant Selon le Degré Enseigné pour l'Activité Thymio Pré-Programmé

- **Implication des Enseignant·e·s par Degré :** Globalement, les enseignant·e·s de 3-4P ont été plus impliqués dans la mise en place des activités dans leurs classes avec 1227 contre 807 périodes pour les 1-2P. Notons que cette implication des enseignant·e·s par rapport au degré ne varie ni en termes de distribution de nombre de périodes effectuées (voir Figure 13) ni selon le fait que l'activité soit robotique ou non (voir Tableau 7) avec des rapports plutôt constants entre les 1-2 et les 3-4P.

Nombre d'Enseignant.e.s Ayant Effectués x Heures à la Journée 3 sur 306 Enseignant.e.s

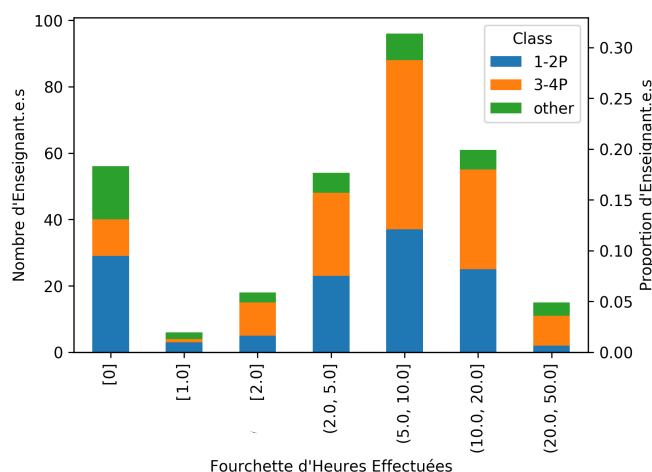


Figure 13: Distribution du Nombre de Périodes Effectuées Par les Enseignants

Dans le cas des activités robotiques ou non, le ratio entre les périodes de 1-2P et 3-4P reste aux alentours de 0.65 dans les deux cas, par rapport au ratio de 0.91 entre le nombre d'enseignants de 1-2 et 3-4P. Cependant, cette répartition n'est pas homogène

sur les différentes activités (voir Figure 14). En comparaison, Thymio Pré-Programmé et le Jeu de la Grue se situent sous ce ratio (0.34 et 0.40) et donc moins intéressant pour les enseignant·e·s de 1-2P. Deux explications sont possibles, soit ces activités sont moins adaptées pour les 1-2P, soit elles sont en concurrence avec d'autres propositions comme Bluebot (0.71), la machine à trier (0.86) et le jeu du robot (0.99). Suite aux remarques des enseignant·e·s, ainsi que les progressions établies avec les personnes ressources suite à la quatrième journée de formation (voir Annexe E pour la synthèse), il a été convenu de privilégier la découverte du robot Thymio à partir de la 3P pour répondre à leur demande explicite de proposer des activités nouvelles progressivement et laisser la joie de la découverte pour tous les niveaux.

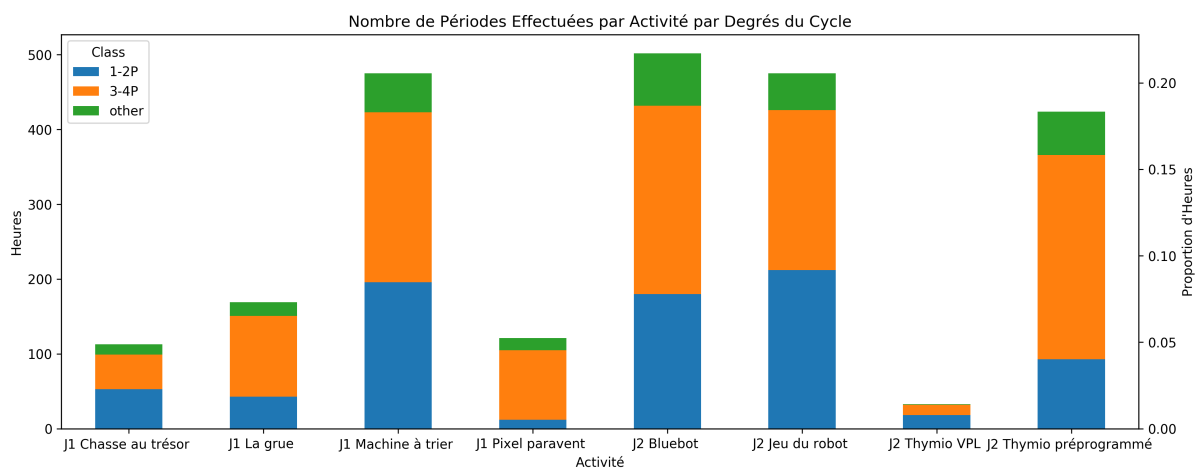
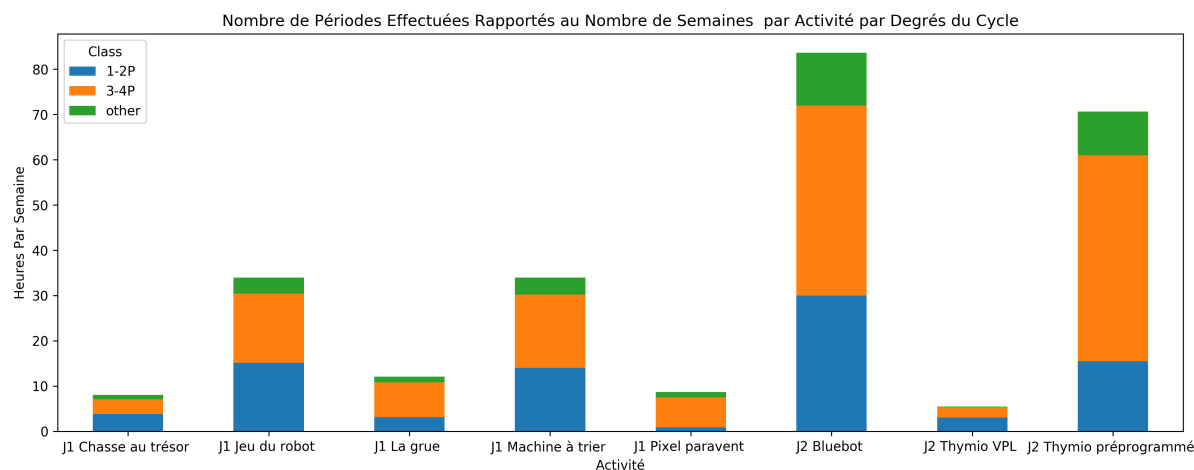
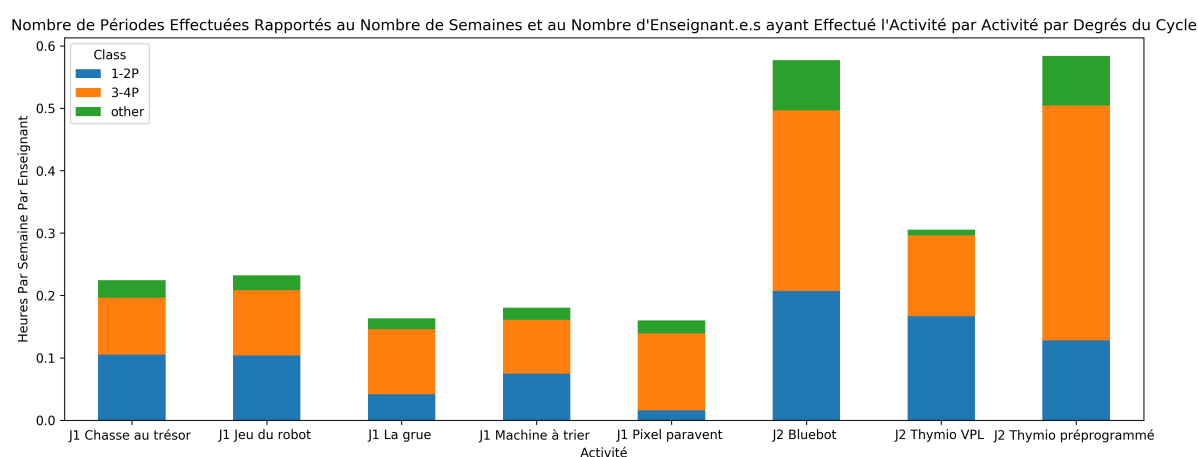


Figure 14: Nombre de Périodes Effectuées par les Enseignants Selon l'Activité et le Degré Enseigné Sans Considérer les Enseignants Qui ne Pouvaient Pas (28, 34 et 15 en J2, J3 et J4 respectivement)

Pour évaluer l'adoption des différentes activités de science informatique, il faut considérer le temps disponible pour les mettre en place depuis la journée de formation considérée ainsi que le nombre d'enseignant·e·s les ayant mises en place. La Figure 15 recense ainsi dans une première illustration la normalisation par rapport au nombre de semaines entre la journée où l'activité a été présentée et la journée 3 et dans une deuxième illustration une normalisation supplémentaire par rapport au nombre d'enseignant·e·s l'ayant mise en oeuvre sur la période concernée. Ainsi, les activités Bluebot et Thymio Pré-Programmé ont été effectuées pendant environ 70 et 80 périodes par semaine, avec une moyenne entre 0.5 et 0.6 heures par semaine de la part des enseignant·e·s concernés. Ceci témoigne de l'intérêt que les enseignant·e·s ont porté pour ces activités comme observé par rapport à la proportion des enseignant·e·s les ayant mis en place en Figure 10.



(a) Normalisation par rapport au nombre de semaines depuis l'introduction de l'atelier



(b) Normalisation par rapport au nombre de semaines depuis l'introduction de l'atelier et le nombre d'enseignant.e.s ayant mis en place dans leur classe

Figure 15: Nombre de périodes effectuées par activité par degré avec différentes normalisations

En considérant globalement le nombre d'heures effectuées en moyenne par les enseignant.e.s impliqués, nous retrouvons en troisième journée une moyenne de 9.25 périodes par enseignant. En rapportant ceci aux 14 semaines entre la journée 1 et 3, ceci revient à 0.66 périodes qui ont été dédiées à la science informatique pour la première partie du pilote.

Compte tenu de l'implication des enseignant.e.s, ceci ramène donc à la question du temps à mettre à disposition pour la science informatique dans la grille horaire. Il serait erroné de considérer la somme des périodes moyennées par semaine et par enseignant pour faire ce calcul car les enseignant.e.s ne vont pas continuer à implémenter toutes les activités avec la même durée tout au long de l'année. A la place, il faut considérer que ces activités ont été effectuées dans l'objectif d'avoir une certaine progression et qu'elles ne seront pas ré-abordées. Ainsi, en considérant uniquement les activités qui ont été faites par plus de 50 personnes, il faut retenir le nombre d'heures en moyenne qu'il a fallu pour les mettre en oeuvre par ceux qui les ont effectuées. Les activités retenues avec le temps moyen de mise en oeuvre sont donc récapitulées dans le Tableau 8 entre la première et la troisième journée de formation. Un enseignant qui aurait donc souhaité mettre en oeuvre toutes ces activités dans sa classe dans le cadre du pilote, aurait du passer 17.27 périodes, ce qui reviendrait à 1.2 périodes par semaine.

Table 8: Temps Moyen de Mise en Oeuvre des Différentes Activités En Considérant Celles Qui Ont Eté Effectuées Par Plus de 50 Personnes

Activité	Temps de Mise en Oeuvre Moyen [Périodes]
Machine à Trier	2.53
Jeu du Robot	3.25
La Grue	2.28
Pixel Paravent	2.24
Thymio Pré-Programmé	3.50
Bluebot	3.46

4.2.3 Confiance dans la Formation

Lors de la première journée, le questionnaire remis visait aussi à évaluer des éléments de confiance propre des enseignant·e·s envers les contenus aperçus au cours de la première journée, ainsi que celle envers le projet dans son ensemble (voir Figure 16). Les éléments recueillis montrent des résultats très positifs notamment en terme d’ouverture au projet (16(b)), au-delà des perceptions des directeurs recueillies en amont qui estimaient à environ 15% le nombre de réticents. Celle-ci peut être mise en comparaison avec la réticence en fin de J1 qui est plus faible et se situe autour de 8.6%, en considérant les personnes réticentes comme étant celles ayant répondues ≥ 7 (voir Figure 16(c)). Les éléments exprimés pointaient alors surtout les manques anticipés de matériel et de temps.

Lors des retours exprimés sur la mise en oeuvre en classe en J2 notamment (voir Figure 17), les difficultés mentionnées n’étaient principalement pas liées aux nouveaux concepts à enseigner mais plutôt sur des thématiques générales usuelles de gestion de classe, de temps, de matériel et d’espace. Concernant la gestion de classe, la Figure 18 illustre les modalités de classes pour l’animation des activités les plus utilisées. Conformément aux échanges avec les enseignant·e·s, ceux-ci pour la plupart réalisent les activités en classe entière en 3-4P et en demi-groupe en 1-2P. Souvent exprimée, la facilité d’organisation liée aux emplois du temps du préscolaire offre des séances différenciées en petits groupes. L’aide des personnes ressources en co-enseignement ou en ateliers séparés a été appréciée. La demande d’aide complémentaire des personnes ressources voire d’étudiants a été plusieurs fois indiquée et ressort dans quelques post-it des focus groupes. Inversement, les personnes ressources ne se sont pas toujours senties sollicitées pour de l’accompagnement en classes malgré leurs disponibilités. Leur cahier des charges ne semblait pas toujours suffisamment explicite pour favoriser ces initiatives réciproques. Cependant ceux-ci ont pu aussi témoigner de la confiance suffisante de leurs collègues, liée à la transférabilité des activités directement en classe.

En fin de formations, les focus groupes ont pu mettre en exergue un sentiment de meilleure compréhension du numérique (13 post-its) et des fonctionnements de ordinateurs (12 post-its) de la part des enseignant·e·s, ce qui est en fort contraste avec les retours sur leurs représentations du numérique en journée 1 (Figure 5), que les enseignant·e·s qualifiaient de “rien” (~ 50 retours), “flou” ou “abstrait” (~ 50 retours) et “complexe” (~ 25 retours). Ils se sentent en mesure de réaliser des activités robotiques (10 post-its) ou débranchées (4 post-its).

Les enseignant·e·s ont aussi rapidement trouvé confiance dans l’enthousiasme et la compréhension rapide des élèves (32 retours en J2), dans la valeur et l’opportunité des contenus qu’ils indiquent correspondre en “vivant avec leur temps”. Les compétences transversales sollicitées en classe en vivant les activités robotiques et débranchées ne sont pas étrangères à une projection conforme quant à leur projet de classe. Cependant, un temps d’appropriation est

encore nécessaire pour beaucoup d’entre eux pour se sentir en capacité de transmettre ce nouvelle enseignement. La notion de pensée computationnelle reste quant à elle à approfondir pour beaucoup d’entre eux.

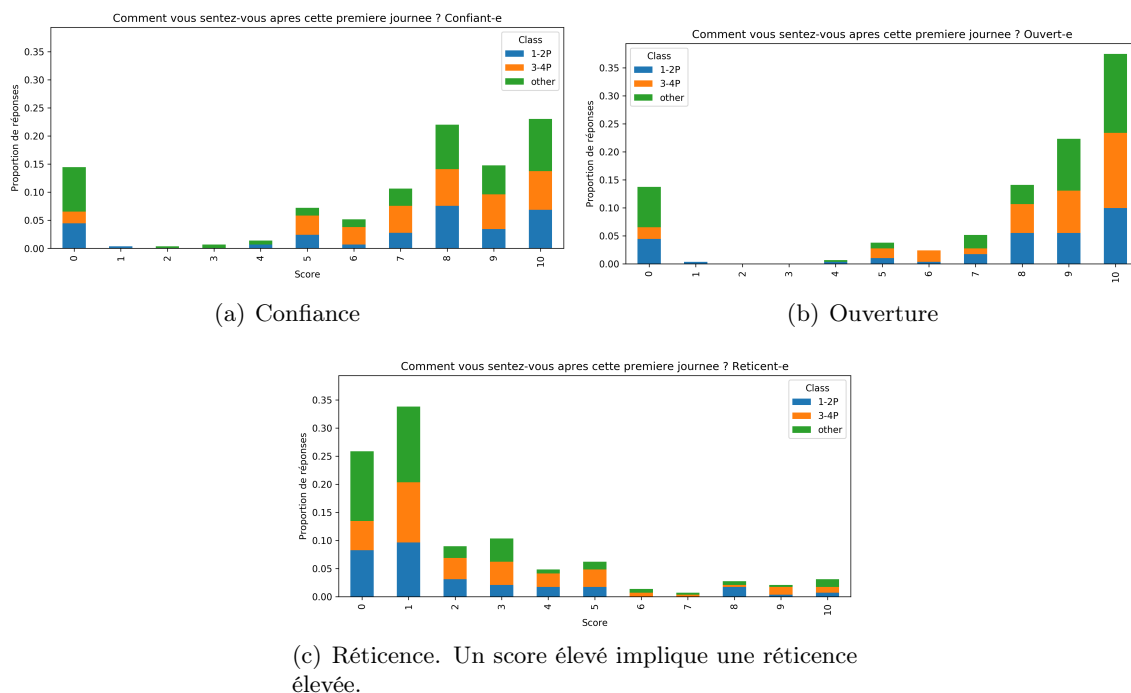


Figure 16: Résultats de Questionnaire à la Fin de la Première Journée de Formation sur une Échelle de 1 à 10 Par Rapport à Leur Ouverture, Confiance et Réticence Lié au Projet



Figure 17: Retours des Enseignant-e-s sur la Formation Suite à la Journée 2. Entre parenthèse sont indiqués le nombre de retours obtenus par question et par réponse.

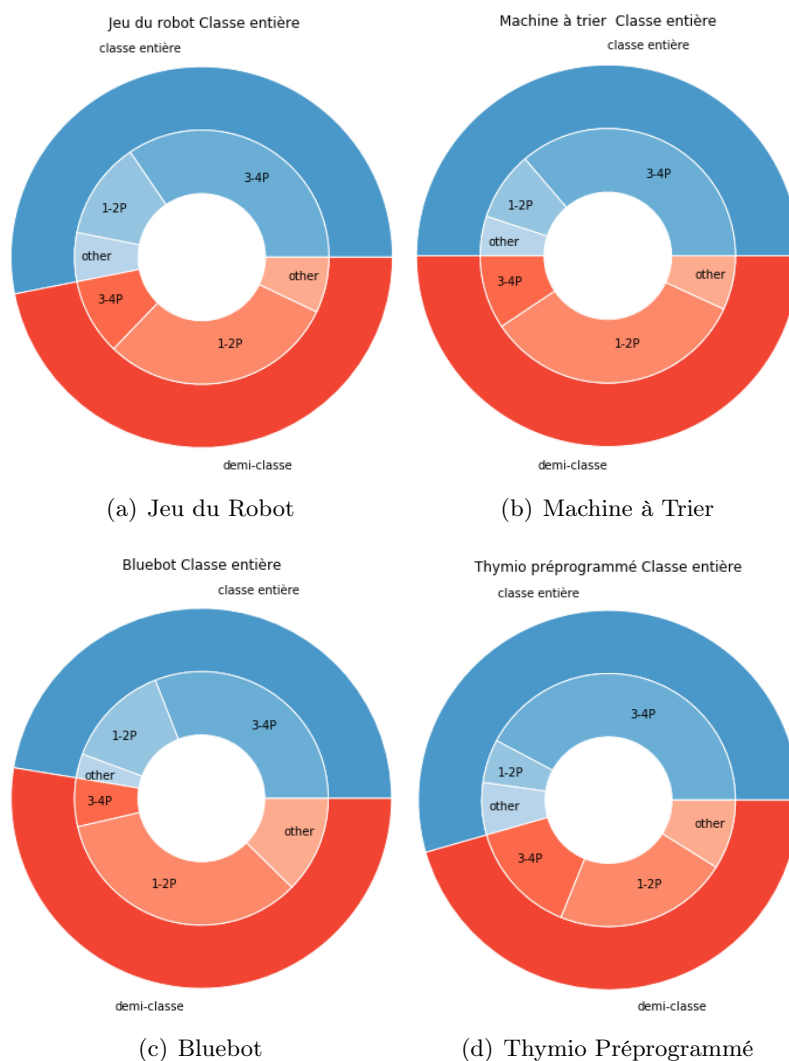


Figure 18: Modalités de Classe Pour les Activités Principales Selon le Degré Enseigné. Le bleu représente la proportion d'activités effectuées en classe entière et le rouge représente la proportion d'activités effectuées en demi classe ou petits groupes.

4.2.4 Confiance dans le Projet

Au-delà de la confiance exprimée dans les contenus délivrés, il est intéressant de pouvoir saisir la confiance générale des enseignant·e-s dans le projet dans sa globalité. Le visible soutien réciproque des différentes institutions dès le début de la formation a permis d'adresser un cadre unique et innovant à cette année de pilotage permettant de les inscrire dans un "chantier" commun avec des modalités flexibles. Les équipes d'expertises complémentaires, l'arrivée de l'institution EPFL dans la formation continue, l'engagement de la Direction Générale pour le développement de l'investissement des communes notamment ont été saluées. La demande du plan d'études a aussi été formulée dès la première journée, afin d'inscrire le travail nécessaire à l'appropriation de ce nouvel enseignement dans une conformité institutionnelle. Cette étape correspond au principe dit d'acceptabilité [33]. Au cours de la J2, les enseignant·e-s ont pu découvrir, débattre et annoter une première version qui a été ensuite consolidée avec leurs retours en fin d'année. En dernière journée, une description du curriculum dans l'entier de la scolarité obligatoire a été présentée pour répondre aux demandes formulées notamment par les directeurs en séance. Ce temps a pu retracer les attentes globales du projet et apporter une cohérence dans la vision du nouvel enseignement.

4.2.5 Intérêt de la Formation et du Projet Global

Durant les journées de formation et de bilan, certains arguments ont été entendus questionnant ce nouvel enseignement à inscrire dans les emplois du temps déjà chargés des élèves. La question des écrans pour les jeunes élèves est aussi apparue dans les échanges, les contenus débranchés ont permis de répondre à ces interrogations. Cependant seuls 9 post-its sur les 1200 recueillis ont exprimés une réticence vis à vis du projet visant généralement, comme mentionné précédemment. Le financement des machines et du déploiement a aussi été questionné avec anxiété en lien avec les besoins d'inclusion dans les classes, les difficultés matérielles des établissements sous-dotés et le contexte de consommation durable. Ainsi, un intérêt croissant a pu être observé au fur et à mesure des journées, évaluable par les changements de représentation des enseignant·e·s. Les participant·e·s ont perçu d'une part l'utilité des activités de sciences informatiques par rapport aux autres disciplines (20 post-its) ainsi que pour le développement de compétences sociales et de la collaboration (10 post-its) mais également pour le développement cognitif (15 post-its) (pensée complexe - 6 post-its, ouverture d'esprit - 5 post-its, et réflexion - 4 post-its). D'autre part, ils ont le sentiment d'avoir une meilleure compréhension du numérique (13 post-its) et du fonctionnement des ordinateurs (12 post-its) d'avoir développé leur sens critique sur ces questions (10 post-its).

Au-delà de ces éléments issus des questionnaires des formations, les échanges avec les différents partenaires ont montré durant cette année la richesse humaine de cette formation. Cette année de pilotage est apparue comme une aventure commune où chacun pouvait intervenir avec bienveillance et échanger sur ses pratiques, ses doutes et ses incompréhensions. Dans les temps de formation, les temps de retour des enseignant·e·s étaient facilités par le fait que tous étaient dans une dynamique de découverte et non d'expertise, que les expériences de classes valorisaient les essais et erreurs et les tentatives de chacun, dans un esprit "pionnier" de co-construction des contenus et de prise en compte avérée des remarques livrées. Au sein des établissements enfin, une dynamique parfois recueillie comme nouvelle et fédératrice a été rapportée, créant une certaine communauté enseignante faite de partages d'expériences, de collaboration et de projets. Lancer tous les enseignant·e·s d'un établissement dans une même appropriation, accueillis avec bienveillance et écoute, impliqués dans une modalité d'ouverture critique et d'échanges en visant la compréhension pour l'élève du monde qui l'entoure, paraît un facteur clé pour susciter l'intérêt des enseignant·e·s pour un enseignement nouveau parmi toutes les charges visibles du métier.

4.2.6 Synthèse des Retours Enseignants

Les enseignant·e·s ont été globalement satisfaits de cette formation, malgré une légère baisse sur les dernières journées, en fournissant des retours majoritairement positifs tout au long de l'année que ce soit du point de vue :

- **Des modalités de formation** en présentiel, dans les établissements, avec des équipes de formateurs complémentaires experts dans leurs domaine qui sollicitaient les enseignant·e·s régulièrement dans des échanges de pratiques et bilans pour avoir des retours tout au long de l'année pour adapter le format et contenu de la formation.
- **Des contenus de la formation** qui étaient riches, répondaient aux attentes, équilibrés du point de vue de la théorie et de la pratique, adaptés en terme de difficulté.
- **Des activités élèves débranchées et robotiques** concrètes, pratiques, directement applicables en classe qui sont ludiques et collaboratives, permettant donc de susciter l'enthousiasme des élèves avec un matériel de qualité qui fonctionnait bien dans les classes.
- **La proximité avec les formateurs** avec des compétences complémentaires, dont notamment les compétences techniques et pédagogiques avec une connaissances du terrain, qui

étaient à l'écoute tout au long de l'année et qui ont fait preuve de flexibilité en ajustant constamment les modalités et contenus de formation aux retours enseignant·e·s.

La combinaison de ces facteurs a contribué à un taux d'adoption élevé en dernière journée de formation de 97% avec plus de 2300 périodes d'activités débranchées, majoritairement robotiques, effectuées par les 350 enseignant·e·s ayant suivi la formation entre la première et la troisième journée. En considérant uniquement les enseignant·e·s ayant effectué les activités, ceci revenait à une moyenne de 0.66 périodes par semaine sur les 14 semaines considérées, avec une implication plus forte de la part des 3-4P qui ont effectué 50% d'heures de plus que les 1-2P. En effet, ceci est partiellement dû aux contenus qui étaient plus adaptés aux 3-4P mais n'a pas empêché d'avoir des niveaux de satisfaction équivalents sur les différentes journées, hormis la deuxième qui a suscité un intérêt particulièrement grand de la part des 3-4P. Le point à retenir est donc que ceci a permis d'identifier les activités les plus pertinentes selon le degré, et de montrer l'intérêt des enseignant·e·s d'avoir une vision sur le cycle entier, ce qui est avantageux pour leur mobilité au sein du cycle.

L'implication des enseignant·e·s du cycle tout au long de cette formation est d'autant plus marquante lorsque les facteurs bloquants sont pris en compte comme le manque de temps, les difficultés dues à la disponibilité du matériel qui était partagé au sein des établissements et la gestion de classe, qui dans les cas des 1-2P a souvent été compensée par des ateliers en demi-groupes ou avec un instituteur ou une personne ressource accompagnante. Il est intéressant de noter que les freins ne sont pas liés à l'appropriation des concepts, malgré certaines remarques évoquant un besoin de temps d'appropriation supplémentaire, mais surtout à des thématiques générales. Outre ceci, les enseignant·e·s ont exprimé une meilleure compréhension de la matière et un sentiment d'être capable de mener les activités, débranchées ou robotiques, en classe, malgré des incompréhensions qui demeurent sur la notion pensée computationnelle.

Enfin, la collaboration entre les enseignant·e·s s'est construite au cours de l'année pour favoriser une dynamique nouvelle dans les différents établissements.

Néanmoins, certains points restent à améliorer comme :

- Le besoin d'une vue d'ensemble que ce soit au niveau des différents piliers ou de progression de cycle.
- La logistique du matériel et des remplacements qui a été un frein pour certains enseignant·e·s.
- Avoir du temps suffisant entre les journées de formation pour tester.
- Avoir accès à des ressources complémentaires, notamment des aide-mémoires.
- L'évaluation des compétences de science informatique et de pensée computationnelle.

4.3 Personnes Ressources

Les personnes ressources se sont impliquées dans des journées de formation en amont de celles des enseignant·e·s afin de tester les dispositifs et donner des retours permettant d'ajuster le contenu pour les séances suivantes. Elles ont, pour les personnes nommées dans ce cycle ou celles qui sont intervenues auprès des enseignant·e·s, expérimenté les activités avec leurs élèves et ainsi pu témoigner de leur mise en oeuvre durant les différentes journées de formation avec les enseignant·e·s. Cependant elles sont peu intervenues dans les classes, d'après leurs retours dans les bilans de leur dernière journée ; leur rôle a surtout été un rôle de communication avec les enseignant·e·s, de gestion logistique et de création de matériel.

Les enseignant.e-s ne les ont que très peu sollicitées pour de l'accompagnement, ce que les personnes ressources ont attribué à une confiance dans leur capacité à mener les ateliers dans leur classe, étant donné la nature pratique, concrète et transférable des activités présentées pendant les formations. Beaucoup ont évoqué le manque de cahier des charges explicite créant un flou au niveau des initiatives et des fonctions dans les établissements. Une forte disparité a été soulevée dans les échanges sur les dotations de périodes limitées, inégales et non proportionnelles et parfois contraintes par une géographie dispersée des sites.

Un autre point qui semble essentiel d'aborder est également la difficulté pour les personnes de cycle secondaire principalement de se rendre dans les petites classes. La proposition d'avoir une personne ressource par cycle voire par site a été rapidement évoquée afin d'avoir un encadrement adéquat. Elles ont aussi communiqué la volonté d'avoir un rôle plus engagé dans le soutien des enseignant.e-s et en catalysant les dynamiques présentes dans les équipes tout en se projetant dans une posture de formateurs. Les retours obtenus au courant des différentes journées en Figure 19(a) expriment leur volonté de se former, de poursuivre leur participation au pilote du cycle 2 et également d'envisager un rôle de formateur en cycle 1. Il est important de noter que le rôle technique n'est pas apprécié, ce qui renforce l'idée de détacher cette fonction de leurs prérogatives. Ainsi, lors de l'élaboration d'un cahier des charges pour les personnes ressources, il faudrait retenir les points suivants.

- L'important du maintien d'une dynamique d'établissement et de suivi.
- D'engager une personne ressource du cycle.
- D'avoir des une distinction entre le cahier des charges des personnes ressources ayant un rôle pédagogique et un agent ayant un rôle technique.

Une proposition est effectuée en Section 5.3. Elle reprend l'inventaire des tâches basé sur l'ancien document ITEP, réalisé en collaboration avec la HEP Vaud en ajoutant brièvement des lignes concernant le nouvel enseignement et les technologies d'aide.

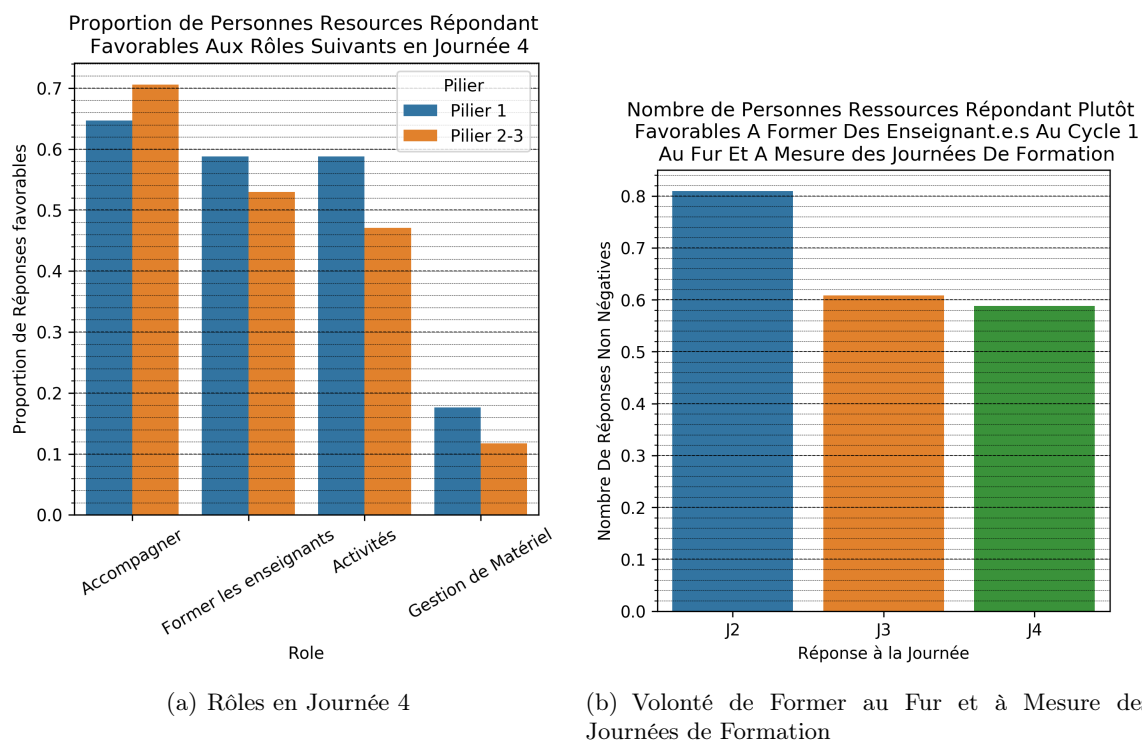


Figure 19: Souhait Exprimé des Personnes Ressources Par Rapport à Leur Éventuels Rôles

4.4 Directeurs

Suite aux premières séances d'information de l'été 2018, un questionnaire avec des questions sur une échelle Likert de 4 et des questions ouvertes a été distribué auprès des directeurs et sept réponses ont été recueillies. Le timing du projet paraît correcte (3.3 en moyenne) pour eux; ils saisissent la différence entre les piliers (4 en moyenne), et l'initiative du canton, tant du point de vue du projet d'établissement que de l'introduction de la science informatique, leur plaît beaucoup (3.9 en moyenne). Les attentes communiquées évoquent l'importance de la problématique numérique et l'adéquation avec le temps, la nécessité d'une réflexion de fond sur la question du numérique sur l'ensemble de l'école obligatoire, le besoin de formation des enseignant·e·s afin d'améliorer la qualité de la pédagogie et la cohérence d'un parcours construit, cohérent, utile et efficient permettant aux élèves d'apprendre à utiliser les moyens à bon escient en sachant ce qu'ils font.

Parmi les points forts du projet, ils ont donc relevé la qualité "innovative et d'actualité" de l'initiative qui est réalisée en considérant la compétence et "l'expertise des différents acteurs (HEP Vaud, EPFL, DGEO, personnes ressources et enseignant·e·s)" qui "collaborent pour l'avènement d'une nouvelle discipline scolaire". Dans cette même optique ils trouvaient adapté que le projet démarre au cycle 1 avec des définitions claires et divers soutiens pour "fort encadrement et formation des enseignant·e·s". Ils ont également évoqué l'intérêt des activités débranchées et robotiques qui sont mises en lien avec les autres domaines du PER, interrogations récurrentes lors des différents bilans effectués au cours de l'année.

Un certain nombre de points faibles sont ressortis, ceux-ci se situant dans deux catégories. La première concerne les ressources, matériel et infrastructures nécessaires pour le projet et pour former les enseignant·e·s sur le terrain. La deuxième concernent les individus eux-même en termes de coordination entre les personnes, de communication aux parents, de compétences technologiques de base des enseignant·e·s et de la résistance de certains aux changements ainsi que le besoin croissant en personnes ressources... échos de leurs retours au courant de l'année et dans le bilan final où ils ont soulevé l'organisation lourde des remplacements, notamment lors des journées à l'EPFL où 100 enseignant·e·s du canton étaient sollicités simultanément. La fatigabilité des enseignant·e·s a été évoquée à deux reprises, au moment où d'autres actions importantes se mettent en place dans les écoles : 360 et renouvellement des moyens mathématiques.

Ainsi, en fin d'année, et dans la perspective du déploiement, ils ont mis en garde par rapport à un certain nombre de dysfonctionnements qui pourraient nuire au projet sur la durée en termes de logistique matérielle inter-sites souvent complexes, l'organisation lourde des remplacements, la communication de manière générale, la surcharge des enseignant·e·s et des personnes ressources. Plus particulièrement, concernant les personnes ressources, ils mentionnent la crainte de les voir partir sur le projet sachant qu'il y a un réel besoin de garder des personnes ressources internes de qualité. De plus, un point ayant suscité du mécontentement de la part des directeurs était l'absence de suivi au niveau des projets d'établissements. Le projet numérique défini dans les équipes des établissements n'a pas déclenché d'actions conséquentes pour la plupart sauf pour les établissements dont l'appui de la DGEO a permis de convaincre les communes à investir dans l'équipement des classes. Pour ce qui est de la science numérique en sa globalité, ils ont revendiqué l'importance d'avoir une cohérence au niveau des piliers et une vision globale du projet.

Tout de même, malgré les points de vigilances soulevés, les directeurs ce sont exprimés dans le sondage de fin d'année mené par l'UNIL comme étant satisfaits de la première année (3.9 en moyenne). Ils estiment qu'il y a eu une bonne adhésion de la part des enseignant·e·s au projet avec "un engouement du corps enseignant" qui a instauré une dynamique de collab-

oration dans les différents sites. Ils attribuent à la qualité de la formation en mentionnant l'encadrement, l'accompagnement durant l'année et les ressources qui ont été mises à disposition des enseignant-e-s rapidement. Une personne va même jusqu'à dire "La formation continue des enseignant-e-s est le principal succès de ce projet. L'équipe composée par des personnes de l'EPFL, HEP [Vaud] et DP est très professionnelle, efficace et à l'écoute".

4.5 Formateurs

L'équipe de formateurs ayant participé à la logistique des journées de formation regroupait des compétences diverses et complémentaires en étant constituée d'ingénieurs, de chercheurs et d'experts pédagogiques, issus de l'EPFL, de la HEP Vaud et des membres de la direction pédagogique. Cette complémentarité des différents formateurs a été bien appréciée des enseignant-e-s et a contribué en grande partie à la qualité de la formation proposée. En effet, ces derniers ont surtout exprimé la satisfaction d'avoir des binômes de formateurs avec un expert à dominante scientifique et d'une personne avec expérience de classes, issu du "terrain" et maîtrisant les problématiques quotidiennes des enseignant-e-s. La question des formateurs qui se chargeront du déploiement prend alors tout son sens et est évoquée en Section 5.6, étant donné l'investissement de temps qu'il a fallu pour mettre en place ce pilote.

En effet, il faut considérer le temps nécessaire pour l'élaboration du contenu, la logistique des différentes journées avec la préparation du matériel, des séances de coordination pour solliciter l'expertise des différents formateurs ainsi que des séances d'appropriation du contenu par les différents formateurs, et l'animation des ateliers. En outre, les formateurs étaient multiples, avec des disponibilités limitées car exerçant d'autres missions dans leurs institutions, nécessitant souvent de doubler les séances. Lors de la dernière journée, les formateurs seuls ou en binômes ont créé leur propre atelier sans impliquer l'ensemble des formateurs afin de réduire les temps en séances. Une définition des objectifs en commun a permis de définir une cohérence dans les propositions de chacun. Cette formule d'ateliers répétés par l'auteur de l'activité lui-même et multiples sur 3 jours a permis de réduire considérablement les heures de préparation. Cependant, cette organisation par ateliers successifs pourrait avoir eu un impact sur la qualité des ateliers proposés au cours de cette dernière journée, fournissant une explication alternative à la baisse de satisfaction en journée 4 de formation.

4.6 Élèves

Le retour concernant les élèves est globalement positif que ce soit de la part des directeurs qui mentionnent lors du dernier bilan que "les élèves ont très vite pu réaliser des activités en classe" ou de la part des enseignant-e-s qui dès les premières journées ont évoqué leur enthousiasme (65 en J2 pour les activités débranchées, 52 en J3 pour les activités robotiques) et leur compréhension rapide (32 en J2) lors des activités débranchées. Ces éléments se retrouvent dans le bilan final lorsque les enseignant-e-s ont mis en avant la dimension active, ludique et collaborative des activités (21 post-its) ainsi que l'intérêt des enfants (15 post-its). Certains retours ont même confirmé que les enfants étaient capables d'intégrer le vocabulaire. Cependant la question de l'évaluation reste controversée. Lors du dernier bilan les enseignant-e-s ont clairement évoqué qu'ils étaient contre une évaluation normative en Cycle 1 (25 post-its). Néanmoins, le besoin d'évaluation peut être une vraie entrave au succès du projet comme l'objectif est d'avoir une nouvelle discipline à la grille horaire. De plus, sans une méthodologie d'évaluation clairement définie il n'est pas possible de savoir si les enfants progressent, d'avoir un suivi, de savoir quelles compétences sont acquises, en plus du fait qu'il est difficile pour les enseignant-e-s de se concentrer sur des thèmes qui ne sont pas évalués. Ainsi les enseignant-e-s, au cours du dernier bilan ont fait un certain nombre de propositions (98 post-its) qui s'orientaient plus vers des observations par le biais de portfolios, de récapitulatifs d'activités effectuées, photos, vidéos etc... Mais ces

derniers restent dubitatifs quant à la pertinence de l'évaluation de la science informatique à ce stade. Les directeurs quant à eux ont adressé un message clair durant la séance du 17 mai sur la réflexion générale de l'évaluation des élèves au-delà d'une inscription ou non du nouvel enseignement à la grille horaire. Ainsi l'équipe a travaillé sur l'élaboration d'une proposition de modalité d'évaluation basée sur un ensemble de profils. Ces derniers sont présentés en Section 5.1.

4.7 Ressources à Disposition des Enseignants

4.7.1 Moyens d'Enseignement

Les éléments matériels ont un rôle déterminant dans le projet. Les contraintes ont été redéfinies au fur et à mesure de l'année afin de satisfaire les besoins des écoles.

La première journée se limitait à du contenu débranché. Par définition, le matériel associé devait être simple et facile d'accès, intégré au monde scolaire. Il a été décidé de fournir au départ une bâche de 4×3 mètres pour chaque établissement. Celle-ci a été conçue par l'EPFL et imprimée par une entreprise privée. Les personnes ressources ont de suite exprimé les contraintes géographiques de leurs établissements. Certains d'entre eux étant dispersés sur 9 sites différents. 32 bâches supplémentaires ont été recommandées pour permettre une expérimentation du contenu. Deux établissements ont réalisé un marquage au sol permanent dans la cour pour faciliter l'accès commun à l'activité, non sans négociation avec les communes.

Cet exemple montre que, dans le cadre du déploiement, l'accessibilité des outils pédagogiques doit être facilitée. Quelles seraient les modalités pour éditer ce matériel en création avec un prix adapté? Des mallettes ont été proposées contenant le petit matériel nécessaire aux premières activités. Les personnes ressources ont redimensionné pour la plupart ces mallettes par activité, en créant un matériel commun.

Les équipes, notamment la DOP et le CIPEO, ont été mobilisées pour faire parvenir dans les établissements les 484 robots commandés et autres accessoires (sac, valise, barres de programmation, chargeur...). Des tests ont été réalisés sur la conformité du produit. Tout le matériel robotique est arrivé à temps dans les écoles, la semaine précédent les formations. Les tablettes utilisées pour la formation ont été prêtées par la DP, en attendant l'équipement personnel des enseignant·e-s en iPad individuel en fin d'année.

Enfin, lors de la dernière journée, un atelier proposait une présentation de différents robots. Celui-ci a eu du succès auprès des enseignant·e-s. Nous avons alors posé la question aux personnes ressources sur la mise à disposition d'une pluralité d'objets dans les écoles, proposition qui a été peu soutenue de leur côté. Il paraît donc utile de ne pas disperser trop de matériel différent en privilégiant celui correspondant aux moyens d'enseignement disponibles. En terme de quantité, l'attribution de 2 robots par classe n'a pas été remis en cause par les enseignant·e-s. Cependant, il a été formulé que le conditionnement par valises de 6 robots était plus pertinent pour les équipes, à condition d'en disposer sur chaque site. Ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. La question de la logistique des prêts est à creuser pour faciliter son partage en temps utile (24 post-its).

Un travail conséquent de rédaction des moyens a débuté. Il vise à reprendre scénarios et activités des formations selon les retours de l'expérimentation. Enfin, le Plan d'Etudes est attendu par les enseignantes afin de disposer des garanties poussant à la pérennisation du projet.

4.7.2 Moodle

Le besoin d'une plateforme pour communiquer et échanger à la fois entre les enseignant·e·s et avec les formateurs est un besoin qui est apparu au courant de l'année. Cependant, le Moodle n'a pas pu accomplir ce rôle malgré son utilisation depuis les premières journées de formation. En effet, les enseignant·e·s étaient nombreux à revendiquer l'utilisation d'une nouvelle plateforme, trouvant que le Moodle était trop complexe et inadapté par rapport à leurs besoins. Ceci a été exprimé à de multiples reprises et de nouveau lors du bilan final en journée 4 qui exprimaient leur mécontentement. Une observation de l'activité sur le Moodle vient confirmer ces retours. En effet, uniquement 226 enseignant·e·s (65%) ont accédé au moodle et encore moins à un cours (206, i.e. 60%). Ces chiffres sont très faibles en considérant qu'il s'agit du biais de communication principal avec eux. Globalement, les enseignant·e·s ont accédé au Moodle 1058 jours différents entre eux, ce qui revient à une moyenne de 4.7 fois sur l'année, un taux assez faible en considérant que l'équipe de l'EPFL a envoyé des messages à 3 occasions par ce biais et donc les poussant à se connecter à ces moments là, sans que ce soit lié à leurs besoins. En observant l'évolution de l'activité sur la plate-forme en Figure 20, il est possible de constater des pics d'activité précédant les journées de formation pour les formateurs, et autour des journées de formation pour les enseignant·e·s, avec la période la plus active correspondant à celle autour de la journée de la robotique. L'activité est faible voire nulle le restant de l'année. Au vu de ces données, l'utilisation du Moodle devrait être remise en cause pour la suite du projet. Il faudrait donc envisager la mise en place d'une plate-forme plus adaptée qui pourraient notamment favoriser les échanges entre les différents acteurs et maintenir la dynamique observée au courant de cette année pilote mais aussi proposer des ressources complémentaires pour guider la compréhension des enseignant·e·s sur les nouveaux concepts engagés durant les formations. En mai, la plate-forme Educanet 2 en cours d'extinction n'a pas été retenue. GRAASP et ses outils interactifs ou Roteco, nouvelle proposition liée à la robotique pourrait tenir le rôle transitionnel en attendant la future plate-forme cantonale.

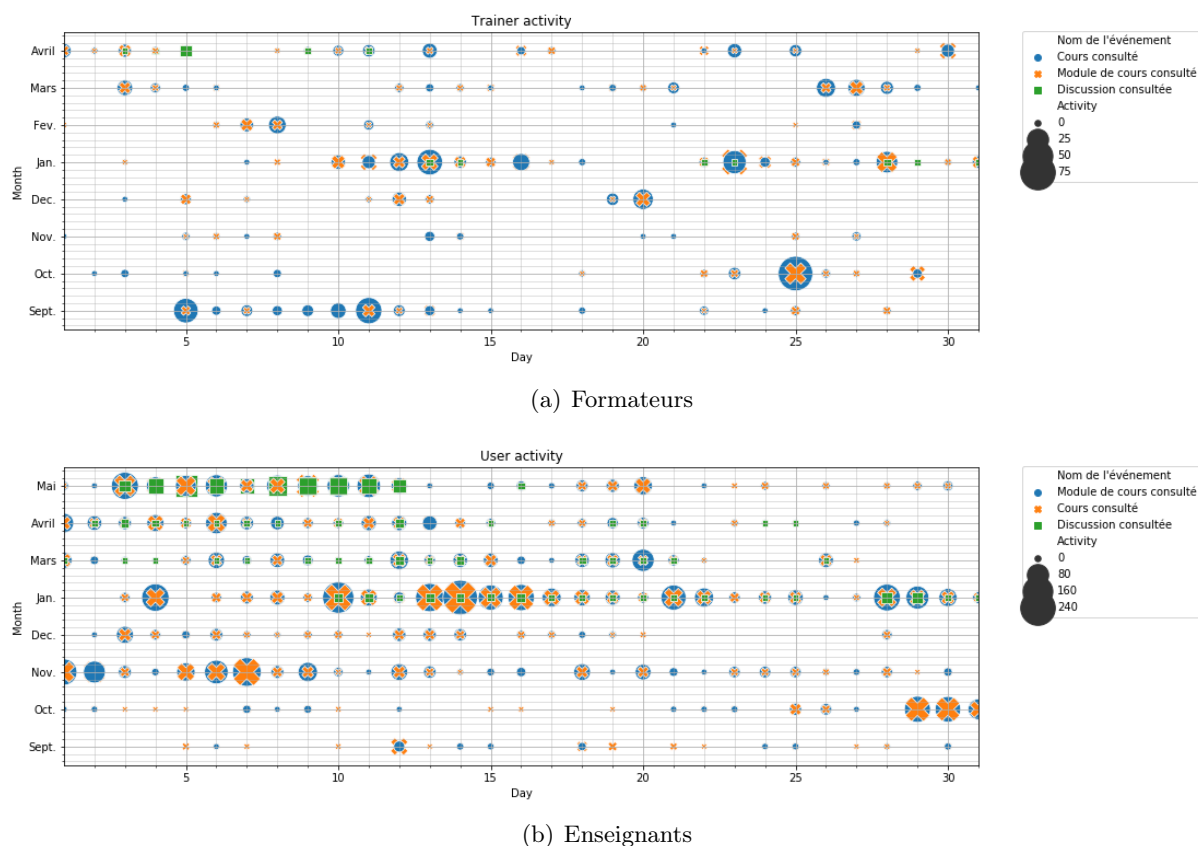


Figure 20: Evolution de l'Activité des Formateurs et Enseignants sur la Plateforme Moodle Au Fur et à Mesure de l'Année.

4.8 Synthèse

Au terme de cette année et compte tenu des retours obtenus et des analyses présentées, le taux d'adoption des activités à 97%, particulièrement élevé, ainsi que la satisfaction des formations délivrées de la part des différents acteurs de la formation témoignent du succès de l'année pilote, sans négliger un certain nombre de mises en gardes évoquées. Ainsi, plusieurs conclusions peuvent être tirées, tout en mettant en avant un certain nombre de points de vigilance en vue de la suite du projet :

- L'importance d'avoir une formation équilibrée avec un bon rapport entre la théorie et la pratique tout en maintenant des temps de formation raisonnables (retours des directeurs d'établissements en fin d'année). Ceci est fortement lié à l'importance d'avoir une formation pratique dans une visée de transférabilité en classe. Ainsi il est important de maintenir les modalités de formation avec des activités concrètes de classes avec théorie minimale, suffisante et intégrée, en privilégiant la cohérence pour répondre à l'intérêt suscité par la science informatique.
- La recherche d'expertises différenciées selon les thématiques (ACM, Maths, évaluations, 360, MER...) nécessaire pour garantir la qualité et la pertinence des ateliers, en terme de richesse de contenu, de difficulté et en cohérence avec les attentes des enseignant·e-s. Ces expertises doivent également se refléter au niveau des formateurs binômes comme vu pour les ateliers de Genre et de MER qui ont subi des retours négatifs lorsque ceci n'a pas été assuré.
- Le rôle de la proximité dans les établissements, la co-construction et l'effet pionnier ont permis d'impliquer les enseignant·e-s et les différentes équipes tout au long de l'année dans le processus d'élaboration de la formation en identifiant leurs besoins et en effectuant des échanges de pratiques avec les formateurs du terrain. Des ajustements ont été réalisés à la fois au niveau

des modalités de formation et au niveau du contenu, mais n'auraient pas été possibles sans la flexibilité des équipes de formateurs et du contenu alors non stabilisé.

- L'importance de la confiance des enseignant·e·s dans la formation dispensée. Pour ceci il est important de considérer de garantir l'accompagnement dans les établissements par les personnes ressources avec des rôles clairement explicités. Il faudrait également garantir un suivi dans l'année qui suit la formation continue avec une personne dédiée. L'objectif de ces accompagnements est notamment de favoriser les échanges dans la communauté enseignante afin de maintenir les dynamiques instaurées dans les établissements pendant cette année pilote. Au delà de ceci, la mise à disposition de ressources complémentaires en ligne et d'un carnet de bord permettant aux enseignant·e·s de s'auto-positionner leur permettra de développer leur confiance dans cette matière qui reste tout de même nouvelle pour la majorité d'entre eux.

- Les freins que peuvent poser les soucis de disponibilité de matériel du point de vue de l'intégration de la science informatique comme nouvelle discipline à la grille horaire. Il est nécessaire de garantir un minimum de flexibilité au niveau de ces ressources pour que la discipline puisse être menée dans les classes dans de bonnes conditions.

- Les investissements en termes de ressources humaines nécessaires pour mettre en place une réforme de cette envergure, tout en considérant que ce sont les heures de présence des enseignant·e·s qui représentent la plus grande partie. Ceci rejoint le point des directeurs d'établissements par rapport au fait de ne pas surcharger les enseignant·e·s et la volonté du pilote de réduire le contenu théorie au minimum suffisant pour garantir la qualité de l'enseignement.

- L'importance de considérer également la dynamique des équipes formateurs qui doivent être capables d'échanger facilement et être flexibles dans leurs disponibilités d'autant plus que cette équipe sera restreinte au cours des années à venir au vu des autres pilotes qui seront effectués en parallèle avec les piliers 2 et 3, du deuxième pilote cycle 1 (dénommé bis) et le premier pilote cycle 2.

Ainsi, certaines interrogations restent en suspens. En vue d'un déploiement éventuel il faut évaluer :

- La question du matériel mis à disposition qui doit être suffisant au niveau des différents sites ainsi que l'adéquation des infrastructures.

- La cohésion des contenus entre les piliers afin d'avoir une cohérence sur la matière, un plan d'études avec du contenu efficace et adapté à l'enseignement et aux objectifs du projet, sans surcharger les enseignant·e·s.

- Les modalités d'évaluation que ce soit au niveau des acquisitions des élèves en science informatique, de compétences transversales ou la montée en compétence des enseignant·e·s au cours de la formation. D'autres impacts sont également à considérer comme la posture de l'enseignant, les dynamiques d'établissement, les effets à long terme sur la scolarité, la co-éducation avec les parents etc...

- La question des équipes de formateurs, qui selon les observations de cette année, devraient être complémentaires avec une maîtrise à la fois scientifique et des contenus pédagogiques et une expérience du terrain. Il est également important de considérer la continuité des équipes sur l'ensemble du projet nécessitant donc leur disponibilité et flexibilité en vue du déploiement.

- Le partage de tous les éléments du projet entre les différents partenaires afin d'assurer la transparence et une vision commune sur l'ensemble du projet.

5 Avenir du Projet

Dans la synthèse de l'analyse certains points de vigilance ont d'ores et déjà été nommés. Dans les perspectives de prochaines années, voici les points à relever.

5.1 Proposition de Modalité d'Évaluation Pour les Élèves en Cycle 1

Une cellule de travail s'est organisée en fin d'année pour concevoir une première proposition d'évaluation. Concernant la science informatique, pour chacune de ses composantes, les attentes fondamentales ont été identifiées, une progression de sous-compétences a été rédigée pour chacune qui s'acquerra au cours mais au plus tard à la fin du cycle (voir le Tableau 11 Annexe F pour plus de détails).

- Exécute et crée des algorithmes simples
- Encode et décode des données simples pour représenter et transmettre de l'information
- Reconnaît les principaux composants d'une machine

Les attentes fondamentales ici explicitent une certaine vision des activités que les élèves vont mener. L'enseignant va être guidé dans son observation par des indicateurs progressifs. Cette proposition d'évaluation semblerait correspondre aux interactions nombreuses des enseignant.e.s à ce sujet lors des bilans (98 post-its). Les enseignant.e.s ont évoqué le besoin d'"une évaluation non sommative", menée par "observation directe", "progressive", sous forme de programmes objectivés voire de "défis". Les progressions proposées pour chaque degré du cycle sont lisibles en Annexe E. La question du temps est abordée, les supports proposés restent selon leurs retours ouverts carnet ou cahier, vidéos ou porte-folios. Des tâches spécifiques d'évaluation seraient donc proposées dans une progression de cycle avec différentes modalités de passation, individuelle ou semi-collective, sur table, sur projet. Dans la mesure où les attentes fondamentales sont attendues en fin de cycle, il n'est pas surprenant que l'élève n'atteigne le dernier profil qu'à la fin du cycle. Afin de montrer la progression de l'élève, l'usage des dates permettra de visualiser le parcours de l'élève. Les formats offerts n'étant pas encore standardisés, ils pourront être testés en année 2 sous format numérique, écrit, mixte, guidé ou libre.

5.2 Accompagnement des Enseignants Formés

Former les enseignant.e.s aux contenus est un premier pas. Le concept de formation pilotée engage un accompagnement différé des enseignant.e.s pour la mise en oeuvre du nouvel enseignement alors conçu comme une "form'action" [30]. Pour ce faire, plusieurs propositions seront formulées en direction des personnes ressources et des enseignant.e.s. Il s'agit de pouvoir :

- Maintenir la dynamique créée en formations dans les interactions : poursuite du contact avec les formateurs, les enseignant.e.s : temps de rencontres d'échanges de pratiques.
- Soutenir des enseignant.e.s : approfondissements pour les personnes ressources, "hotline", plate-forme collaborative (Roteco [39]), tutoriels...
- Faire vivre la science informatique dans des projets de classes ou d'établissements : festivals type Robocup ou marché de connaissances, correspondances scolaires entre classes, défis par degré, expositions dans les établissements ou avec le Artlab [95] de l'EPFL...
- Créer une communauté éducative de l'éducation numérique et robotique : co-éducation avec les parents (séances d'information, la mascotte robot de la classe, ...).

5.3 Établissement d'un Cahier des Charges pour les Personnes Ressources

Au vu des retours des personnes ressources et du bilan de l'année présenté en Section 4.3, deux rôles principaux se dégagent. Le premier, plus orienté vers de l'administratif, se chargerait de la science informatique et des projets numériques au niveau de l'établissement en s'occupant de la communication et la gestion matérielle au niveau de l'établissement, se tenant à jour par rapport aux différentes formations, effectuant des suivis et bilans. Le deuxième, plus centré sur les classes, aurait un rôle accompagnateur au sein de ces dernières et organiserait la communauté enseignante par des séances d'échanges entre enseignant·e-s, par un appui à la réalisation des projets. Ces deux profils qui sont présentés dans le Tableau 12 en Annexe G.1 sont complémentaires et nécessiteraient en addition un rôle d'Agent Technique Informatique au sein des établissements afin de gérer l'infrastructure et le matériel. Ce profil est présenté dans le Tableau 13 en Annexe G.2. Ces exemples de missions sont issus des cahiers des charges actuellement en place, des descriptifs des formations PressMitic précédentes. Ils sont à soumettre aux différentes institutions pour compléments selon la vision qui reste à définir.

5.4 Stabilisation du Format de la Formation et le Curriculum : Pilote Cycle 1 Bis

En vue du déploiement de la formation continue du cycle 1, il est nécessaire de stabiliser les formats et contenus, suite à cette première année¹⁴. Ainsi, deux établissements se sont portés volontaires pour participer à une deuxième édition de ce pilote cycle 1, dénommé pilote cycle 1 bis. Par rapport au pilote de cette année, certaines modifications vont alors être effectuées en termes de format et contenus. A cette occasion, certaines modalités vont également être testées. En effet, il s'agit de la dernière occasion pour raffiner la proposition de formation continue pour ce cycle.

Le premier point qui a été pris en compte était la durée de formation et l'adéquation des contenus par rapport au cycle. La décision a donc été prise de réduire la formation à 3 jours et de sélectionner le contenu cohérent sur la base des retours et propositions de progressions effectuées avec les personnes ressources (récapitulés en Figures 40, 41, 42 et 43 en Annexe E), un apport complémentaire sur les questions sociétales sera ajouté, notamment sur les comparaisons homme-machines. Ainsi les formations auront uniquement lieu dans les établissements avec des espacements d'environ 6 semaines pour éviter d'avoir des durées trop courtes pour tester.

Deuxièmement, alors que la co-construction de la formation a été un élément clé de cette formation, comme vu dans les retours enseignant·e-s qui disaient avoir apprécié le fait que leurs retours aient été pris en compte, les échanges au cours de ce deuxième pilote cycle 1 seront orientés sur des analyses de pratiques afin d'effectuer des ajustements ciblés pour le déploiement. Un focus sur les élèves en difficulté sera aussi ajouté pour répondre à la fois aux interrogations des enseignant·e-s en séances mais aussi pour pouvoir donner quelques éléments en vue du concept 360 décliné dans les écoles.

Ensuite, la question des ressources à disposition a été travaillée afin d'avoir une diffusion partielle des moyens d'enseignement, avec des ressources complémentaires en ligne dont l'utilisation devra être testée et évaluée, tout en considérant que le Moodle n'est pas à privilégier. Il ne faut tout de même pas négliger que la question du matériel dans les écoles, en termes de commandes et de gestion, reste complexe. Pour ceci, il faudrait rendre disponible le matériel débranché dans les propositions du catalogue de la CADEV. En outre, ce qui a été préconisé à multiples reprises était d'avoir du matériel disponible en quantité suffisante pour permettre l'intégration

¹⁴Cette stabilisation devra également prendre compte de l'évolution récente de la définition des piliers qui est en cours

du domaine dans les pratiques enseignantes. Ainsi il faudrait une valise de 6 robots par site au minimum afin de respecter les progressions qui seront établies dans le PER, et notamment pour permettre aux enseignant·e-s de mener ces activités avec la classe entière en maintenant un robot pour 3-4 élèves.

Enfin, il ne faut pas négliger que l'équipe des formateurs sera restreinte. Un récapitulatif des différences entre le pilote cycle 1 et le pilote cycle 1 bis est donc résumé en Figure 21.

	Année Pilote (Cycle 1)	Pilote Bis (Cycle 1)
Nombre de jours	4 x 6h	3 x 6h
Espacement	variable	6 semaines
Lieu de formation	Dans les établissements + journée finale EPFL	Dans les établissements
Activités	Une vingtaine d'activités participatives et collaboratives sur plusieurs thèmes	Sélection du contenu cohérent
Temps d'échanges	Co-construction	Analyse de pratique et ajustements ciblés
Communication entre enseignants	Besoin de ressources	Structure / Plateforme à mettre en place
Matériel	Commande et gestion dans les écoles complexes	
Ressources	Moodle et 1,2,3 Codez	Diffusion partielle des moyens d'enseignement Ressources en ligne complémentaires Moodle non privilégié / à transformer
Formateurs	EPFL / hep	Equipe restreinte

Figure 21: Comparaison entre les modalités de formation des pilotes cycle 1 et cycle 1 bis

En outre, la question de l'évaluation des élèves sera testée pour mettre en place un système d'évaluation par profils comme mentionné dans la Section 5.1.

5.5 Continuité des Apprentissages : Pilote Cycle 2, 5-6P

De nombreuses corrections en lien avec les modalités de formation seront également effectuées pour le cycle 2, de la même manière que ce qui sera mis en place pour le cycle 1 bis. Cependant, comme il s'agit de la première itération pour ce cycle, 4 jours de formation seront maintenus afin de tester suffisamment de contenus pour une proposition finale cohérente dans les moyens d'enseignement selon les retours enseignant·e-s et personnes ressources. Ainsi une journée de formation aura lieu sur le campus EPFL et les temps d'échanges seront dédiés à la co-construction comme la première année de pilote. Les modalités du pilote cycle 2 pour le 5-6P sont donc comparées au pilote du cycle 1 dans la Figure 22.

	Année Pilote (Cycle 1)	Année 2 Pilote (5-6P)
Nombre de jours	4 x 6h	4 x 6h
Espacement	variable	6 semaines
Lieu de formation	Dans les établissements + journée finale EPFL	
Activités	Une vingtaine d'activités participatives, collaboratives et directement transférables sur plusieurs thèmes	
Temps d'échanges	Co-construction	
Matériel	Commande et gestion dans les écoles complexes	
Communication entre enseignants	Besoin de ressources	Structure / Plateforme
Ressources	Moodle et 1,2,3 Codez	Ressources en ligne Moodle à transformer
Formateurs	4 EPFL / 7 HEP	Equipe restreinte pour appropriation

Figure 22: Comparaison entre les modalités de formation du pilote cycle 2 et le pilote cycle 2 pour 5-6P

Une première étude a été menée par Felipe Martinez, étudiant de formation continue au MAS Pratiques Educatives donné par la HEP Vaud, dans le cadre de son stage au Centre LEARN de janvier à juin 2019. Un questionnaire aux futurs enseignant·e·s pilotes des 5-6P a permis de recueillir des éléments qui seront pris en considération (voir l'Annexe C.6 pour la liste des questions posées). Au niveau des contenus, la confusion entre usages numériques et science informatique est évidente. D'autre part, la Figure 23 montre que l'intérêt semble fort sur les piliers 1 et 3, avec une tendance à la baisse pour le pilier 2 (usages numériques) qui devra être questionnée en vue du projet numérique dans sa globalité. Enfin, une sous-estimation genrée des compétences numériques ressort des réponses recueillies. Les enseignantes ont en effet tendance à donner des compétences de leurs élèves plus élevées que les leurs. Il conviendrait alors de recenser les critères de positionnement que les enseignant·e·s utilisent pour qualifier leurs élèves d'une part et, d'autre part de leur permettre de développer leurs compétences numériques en fournissant un référentiel adapté.

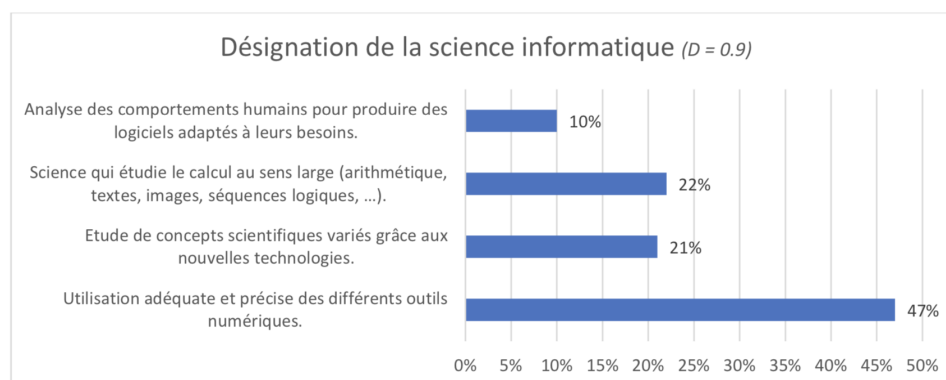


Figure 23: Désignation de la Science Informatique Selon les Enseignants de 5-6P

Une approche interdisciplinaire est engagée pour intégrer la science informatique dans les questions de société en lien avec le Plan d'Etudes, notamment la géographie et la littérature. Enfin, si le cycle 1 vise à donner une image des machines plutôt démystifiée en les comparant les capacités de l'homme, le cycle 2 vise une idée forte liée au vivre ensemble en commençant par les échanges de données et la prévention dans les interactions, pour terminer le cycle dans un concept de citoyenneté numérique, ouvrant la réflexion des responsabilités durables et morales.

5.6 Quels Formateurs Pour le Déploiement

Comme mentionné dans la Section 4.5, il est important de considérer quels formateurs seront engagés pour le déploiement ainsi que leur propre formation à la fois aux contenus du ou des cycles, et à l'appropriation des temps de formation et leur animation. Ainsi, une proposition évoquée au terme de l'année est celle d'avoir des formateurs issus de la cohorte des enseignant·e·s du pilote ou des personnes ressources. En effet, ces derniers seront déjà familiers avec le contenu et avec le terrain, ce qui est apparu comme un point essentiel au cours de ce pilote. Ce pourrait également être des personnes sans responsabilité de classe ou à temps partiel mais ayant plusieurs années d'expérience. L'objectif est tout de même d'avoir un modèle de formateurs en binômes complémentaires avec expertise du degré d'enseignement visé et des contenus techniques et scientifiques. De ce fait, et pour s'assurer qu'ils aient suffisamment approprié le contenu à la fois pédagogique et technique, il faudrait prévoir un temps de formation avant le déploiement notamment avec l'équipe EPFL qui a conçu et mené les pilotes. Une solution de type mission temporaire (par exemple à temps partiel avec une décharge à 30%) qui permettrait aux enseignant·e·s formateurs de maintenir leurs activités de classe en parallèle pourrait ainsi être envisagée. Un avantage supplémentaire est que ceci les habiliterai à faire des témoignages concrets et riches pour les échanges.

Suite à cette année pilote, il semblerait judicieux de maintenir les modalités du pilote pour le déploiement dans les établissements avec des groupes d'environ 25 enseignant·e·s, en considérant les temps de préparation, les journées sur sites ainsi que des éventuels accompagnements. Certaines solutions pourraient être envisagées pour réduire la charge du déploiement mais celles-ci présentent de nombreux inconvénients et ne sont pas recommandées :

- Différencier la formation 1-2P et 3-4P. L'idée serait de fournir une base commune mais de présenter les activités qui sont spécifiques au degrés. L'inconvénient de cette modalité est que ceci réduirait la mobilité au sein du cycle pour les enseignant·e·s.
- Intégrer une plus grande part de distanciel dans la formation. Ceci réduirait les heures formateurs mais ne réduirait pas le coût horaire enseignant qui représente le plus grand poste de dépense de cette formation. Ceci nuirait également à la transférabilité des activités en classe et ne respecterait pas les principes de la formation qui ont été largement garantis du succès de ce pilote. C'est pour ceci que cette solution n'est pas recommandée.
- Former 1 enseignant par classe et non pas tous les enseignant·e·s, ce qui nuirait à la bonne intégration de la discipline dans le curriculum en ayant près de la moitié des enseignant·e·s qui ne seraient pas formés.

Les modalités de déploiement du pilote doivent donc être bien étudiées avant le déploiement du cycle 1 dans l'ensemble du Canton de Vaud.

6 Conclusion

Ce bilan, majoritairement positif, reflète uniquement le point de vue de l'équipe EPFL sur cette première année du projet du DFJC qui a commencé à la rentrée 2018. Ce rapport est donc à pondérer avec d'autres éléments qui pourraient être apportés par les autres institutions partenaires. Cependant l'analyse des données recueillies donne des retours très positifs du terrain quant à l'introduction de la nouvelle discipline de science informatique à l'école primaire. Les choix des contenus et des activités qui ont été réalisés, éclairés par des principes de formation continue, semblent pertinents à ce stade du pilotage. L'année 2 qui se profile et la mise en oeuvre d'actions parallèles (déploiement du matériel, piliers 2-3, cycle 2, cycle 1 bis, perspective de déploiement,...) nécessitera encore plus de collaborations et de coordinations dans une vision globale, unique et cohérente afin de mener le projet à son terme.

References

- [1] Claire Calmet, Mathieu Hirtzig, and David Wilgenbus. *1, 2, 3... codez !* 2016. OCLC: 1041265022.
- [2] Benjamin Chatelin. *THéo Code Tour*. Number 2.2. Académie Orléans-Tours : direction des services départementaux de l'éducation nationale Loiret, January 2019.
- [3] European Schoolnet perspective : the integration of Computational Thinking (CT) across school curricula in Europe. http://www.eun.org/documents/411753/665824/Perspective2_april2017_onepage_def.pdf/70b9a30e-73aa-4573-bb38-6dd0c2d15995.
- [4] Jeannette M. Wing. Computational Thinking. *Commun. ACM*, 49(3):33–35, March 2006.
- [5] Cynthia C Selby, C Selby, John Woollard, and J Woollard. Computational Thinking: The Developing Definition. page 6.
- [6] Charoula Angeli, Joke Voogt, Andrew Fluck, Mary Webb, Margaret Cox, Joyce Malyn-Smith, and Jason Zagami. A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework: Implications for Teacher Knowledge. 19:47–57, 2016.
- [7] Linda Mannila, Valentina Dagiene, Barbara Demo, Natasa Grgurina, Claudio Mirolo, Lennart Rolandsson, and Amber Settle. Computational Thinking in K-9 Education. In *Proceedings of the Working Group Reports of the 2014 on Innovation & Technology in Computer Science Education Conference - ITiCSE-WGR '14*, pages 1–29, Uppsala, Sweden, 2014. ACM Press.
- [8] Amy Eguchi. Educational robotics to promote 21st century skills and technological understanding among underprivileged undergraduate students. *2015 IEEE Integrated STEM Education Conference*, pages 76–82, 2015.
- [9] Don Passey. Computer science (CS) in the compulsory education curriculum: Implications for future research. *Education and Information Technologies*, 22(2):421–443, March 2017.
- [10] Aman Yadav, Sarah Gretter, Jon Good, and Tamika McLean. Computational Thinking in Teacher Education. In Peter J. Rich and Charles B. Hodges, editors, *Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking*, pages 205–220. Springer International Publishing, Cham, 2017.
- [11] Centre for the New Economy and Society and World Economic Forum. The Future of Jobs Report 2018. Technical Report ISBN 978-1-944835-18-7, 2018.
- [12] Aman Yadav, Hai Hong, and Chris Stephenson. Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms. *TechTrends*, 60(6):565–568, November 2016.
- [13] Mary Webb, Niki Davis, Tim Bell, Yaacov J. Katz, Nicholas Reynolds, Dianne P. Chambers, and Maciej M. Sysło. Computer science in K-12 school curricula of the 21st century: Why, what and when? *Education and Information Technologies*, 22(2):445–468, March 2017.
- [14] Lily Shashaani. Gender-Differences in Computer Experience and its Influence on Computer Attitudes. *Journal of Educational Computing Research*, 11(4):347–367, December 1994.
- [15] Dr Robin Kay. Gender Differences in Computer Attitudes, Ability, and Use in the Elementary Classroom. page 4, 2007.

- [16] Caitlin Duncan, Tim Bell, and Steve Tanimoto. Should Your 8-year-old Learn Coding? In *Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, WiP-SCE '14, pages 60–69, New York, NY, USA, 2014. ACM. event-place: Berlin, Germany.
- [17] Fredrik Heintz, Linda Mannila, and Tommy Farnqvist. A review of models for introducing computational thinking, computer science and computing in K-12 education. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–9, Erie, PA, USA, October 2016. IEEE.
- [18] Peter Jacob Rich, Brian Jones, Olga Belikov, Emily Yoshikawa, and McKay Perkins. *Computing and Engineering in Elementary School: The Effect of Year-Long Training on Elementary Teacher Self-Efficacy and Beliefs about Teaching Computing and Engineering*, volume 1. January 2017.
- [19] Département de la Formation de la Jeunesse et de la Culture Vaud. Rentrée scolaire 2018-2019. <https://www.vd.ch/toutes-les-actualites/news/rentree-scolaire-2018-1534854180/>, 2018.
- [20] STATISTIQUE VAUD - Enseignants des écoles publiques selon la classe d'âges et le degré d'enseignement, Vaud, années scolaires 2011-2017. <http://www.stat.vd.ch/Default.aspx?DocID=7826&DomId=2791>.
- [21] David Thompson and Tim Bell. Adoption of New Computer Science High School Standards by New Zealand Teachers. In *Proceedings of the 8th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, WiPSE '13, pages 87–90, New York, NY, USA, 2013. ACM. event-place: Aarhus, Denmark.
- [22] C. Brackmann, D. Barone, A. Casali, R. Boucinha, and S. Muñoz-Hernandez. Computational thinking: Panorama of the Americas. In *2016 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, pages 1–6, September 2016.
- [23] Soumela Atmatzidou and Stavros Demetriadis. Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75:661–670, January 2016.
- [24] Elizabeth R. Kazakoff and Marina Umaschi Bers. Programming in a Robotics Context in the Kindergarten Classroom: The Impact on Sequencing Skills. 2012.
- [25] Marina Umaschi Bers, Louise Flannery, Elizabeth R. Kazakoff, and Amanda Sullivan. Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72:145–157, March 2014.
- [26] Amanda Sullivan and Marina Umaschi Bers. Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1):3–20, February 2016.
- [27] Mollie Elkin, Amanda Sullivan, and Marina Umaschi Bers. Books, Butterflies, and 'Bots: Integrating Engineering and Robotics into Early Childhood Curricula. In Lyn English and Tamara Moore, editors, *Early Engineering Learning*, pages 225–248. Springer Singapore, Singapore, 2018.
- [28] Enoch Hunsaker. Integrating Computational Thinking. In *K-12 Technology Integration*. 2016.

- [29] European Schoolnet Perspective. Integrating Collaborative Learning in Classrooms Across Europe. http://www.eun.org/documents/411753/665824/Perspective_Collaborative+learning_Dec2018.pdf/d711eec2-4a84-4e8b-883c-22505d486045, December 2018.
- [30] Frédérique Chessel Lazzarotto. Former à la programmation en primaire, une form’action: Robots d’Evian 2015–2018. In *Didapro 7 – DidaSTIC. De 0 à 1 ou l’heure de l’informatique à l’école*, Lausanne, Switzerland, February 2018.
- [31] Luc Ria. *Former les enseignants au XXIe siècle. 1. Établissement formateur et vidéoformation*. Perspectives en éducation et formation. De Boeck Supérieur, Louvain-la-Neuve, 2015.
- [32] Tim Bell and Jan Vahrenhold. CS Unplugged—How Is It Used, and Does It Work? In Hans-Joachim Böckenhauer, Dennis Komm, and Walter Unger, editors, *Adventures Between Lower Bounds and Higher Altitudes: Essays Dedicated to Juraj Hromkovič on the Occasion of His 60th Birthday*, Lecture Notes in Computer Science, pages 497–521. Springer International Publishing, Cham, 2018.
- [33] Morgane Chevalier, Fanny Riedo, and Francesco Mondada. How do teachers perceive educational robots in formal education? A study based on the Thymio robot. page 8.
- [34] Make a Difference Teach. Teaching Methods. <https://teach.com/what/teachers-know/teaching-methods/>.
- [35] Author Teacher Motivation Working Group. Teacher Self-Efficacy: Confidence is Key in the Classroom. <http://www.teachermotivation.org/blog2/teacher-self-efficacy/>, October 2017.
- [36] Marjolein Zee and Helma M. Y. Koomen. Teacher Self-Efficacy and Its Effects on Classroom Processes, Student Academic Adjustment, and Teacher Well-Being: A Synthesis of 40 Years of Research. *Review of Educational Research*, 86(4):981–1015, December 2016.
- [37] Neil C C Brown, Michael Kölling, and Tom Crick. Bringing Computer Science Back into Schools: Lessons from the UK. page 6.
- [38] Stefania Bocconi, Augusto Chioccariello, Giuliana Dettori, Anusca Ferrari, Katja Engelhardt, Panagiotis Kampylis, and Yves Punie. Developing Computational Thinking in Compulsory Education. page 68.
- [39] Roteco (Robotic Teacher Community) - une communauté enseignante pour le partage de d’activités éducatives robotiques, de pensée informatique, science informatique et de programmation. <https://www.roteco.ch/fr/>.
- [40] Graasp - A space for everything : Communicate, Collaborate, Build Engaging Learning Experiences. <https://graasp.eu>.
- [41] Computer science - Wikiquote. https://en.wikiquote.org/wiki/Computer_science.
- [42] Informatique. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Informatique&oldid=160458637>, June 2019. Page Version ID: 160458637.
- [43] Gilles Dowek. *Une introduction à la science informatique: pour les enseignants de la discipline en lycée*. SCÉRÉN]-Éd. du CRDP de l’académie de Paris, Buc, 2011. OCLC: 762889555.

- [44] K.-12 Computer Science Framework Steering Committee. K-12 Computer Science Framework. Technical report, ACM, New York, NY, USA, 2016.
- [45] Jeannette M Wing. Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881):3717–3725, October 2008.
- [46] Peter J. Denning. The profession of IT Beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52(6):28, June 2009.
- [47] Alfred V. Aho. Computation and Computational Thinking. *Comput. J.*, 55(7):832–835, July 2012.
- [48] Margarida Romero, Marie Dufлот-Kremer, and Thierry Viéville. Le jeu du robot : analyse d’une activité d’informatique débranchée sous la perspective de la cognition incarnée. 2018.
- [49] Tim Bell, Ian H. Witten, Mike Fellows, Tim Bell, and Ian H. Witten. *Computer Science Unplugged . . . off-line activities and games for all ages*. 1998.
- [50] Tomohiro Nishida, Susumu Kanemune, Yukio Idosaka, Mitaro Namiki, Tim Bell, Yasushi Kuno, Tomohiro Nishida, Susumu Kanemune, Yukio Idosaka, Mitaro Namiki, Tim Bell, and Yasushi Kuno. A CS unplugged design pattern. *ACM SIGCSE Bulletin*, 41(1):231–235, March 2009.
- [51] Seymour Papert and Idit Harel. Situating Constructionism. In *Constructionism*, volume 36, pages 1–11. Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ, 2 edition, 1991.
- [52] Bebras : International Challenge on Informatics and Computational Thinking. <https://www.bebras.org/>.
- [53] Renate Thies and Jan Vahrenhold. Back to School: Computer Science Unplugged in the Wild. In *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE '16*, pages 118–123, New York, NY, USA, 2016. ACM. event-place: Arequipa, Peru.
- [54] Renate Thies and Jan Vahrenhold. On Plugging "Unplugged" into CS Classes. In *Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE '13*, pages 365–370, New York, NY, USA, 2013. ACM. event-place: Denver, Colorado, USA.
- [55] Shuchi Grover and Roy Pea. Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1):38–43, January 2013.
- [56] Felienne Hermans and Efthimia Aivaloglou. To Scratch or Not to Scratch?: A Controlled Experiment Comparing Plugged First and Unplugged First Programming Lessons. In *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education, WiPSCE '17*, pages 49–56, New York, NY, USA, 2017. ACM. event-place: Nijmegen, Netherlands.
- [57] Omar Mubin, Catherine J. Stevens, Suleman Shahid, Abdullah Al Mahmud, and Jian-Jie Dong. A Review Of The Applicability Of Robots In Education. *Technology for Education and Learning*, 1(1), 2013.
- [58] Lito Athanasiou, Paraskevi Topali, and Tassos A. Mikropoulos. The Use of Robotics in Introductory Programming for Elementary Students. In Dimitris Alimisis, Michele Moro, and Emanuele Menegatti, editors, *Educational Robotics in the Makers Era*, volume 560, pages 183–192. Springer International Publishing, Cham, 2017.

- [59] David Obdrzálek and Dimitris Alimisis. Robotics in Education & Education in Robotics : Shifting Focus from Technology to Pedagogy , in. 2012.
- [60] Dimitris Alimisis. Robotics in Education & Education in Robotics: Shifting Focus from Technology to Pedagogy. page 8, 2012.
- [61] Lito Athanasiou, Tassos A. Mikropoulos, and Dimitrios Mavridis. Robotics Interventions for Improving Educational Outcomes - A Meta-analysis. In Meni Tsitouridou, José A. Diniz, and Tassos A. Mikropoulos, editors, *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education*, Communications in Computer and Information Science, pages 91–102. Springer International Publishing, 2019.
- [62] Jean Piaget. Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3):176–186, September 1964.
- [63] Seymour Papert. *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, New York, 1980.
- [64] Edith Ackermann. Piaget ’ s Constructivism , Papert ’ s Constructionism : What ’ s the difference ? 2001.
- [65] Cody Kalina and KC Powell. Cognitive and social constructivism: Developing tools for an effective classroom. *Education*, 130(2):241–250, 2009.
- [66] Fabiane Barreto Vavassori Benitti. Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3):978–988, April 2012.
- [67] Lai Poh Emily Toh, Albert Causo, Wen Tzuo, Ming Chen, and Song Huat Yeo. A Review on the Use of Robots in Education and Young Children. page 17.
- [68] Jeong-hye Han, Dong-ho Kim, Jong-won Kim, and Jong-won Kim. Physical Learning Activities with a Teaching Assistant Robot in Elementary School Music Class. In *proceedings of the 5th International Joint Conference on INC, IMS and IDC (NCM)*, pages 1406–1410.
- [69] Kyung-hyun Kim, Hwa-sook Choi, and Je-eun Baek. A Study on the Teachers’ Perception of School Curriculum Implementation about Robot-based Education in Korea. pages 105–108, August 2014.
- [70] Takayuki Kanda, Takayuki Hirano, Daniel Eaton, and Hiroshi Ishiguro. Interactive Robots As Social Partners and Peer Tutors for Children: A Field Trial. *Hum.-Comput. Interact.*, 19(1):61–84, June 2004.
- [71] J. Han and D. Kim. r-Learning services for elementary school students with a teaching assistant robot. In *2009 4th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pages 255–256, March 2009.
- [72] Chih-Wei Chang, Jih-Hsien Lee, Po-Yao Chao, Chin-Yeh Wang, and Gwo-Dong Chen. Exploring the Possibility of Using Humanoid Robots as Instructional Tools for Teaching a Second Language in Primary School. *Educational Technology & Society*, 13:13–24, 2010.
- [73] Linda Daniela and Miltiadis D. Lytras. Educational Robotics for Inclusive Education. *Technology, Knowledge and Learning*, 24(2):219–225, June 2019.
- [74] Kamini Jaipal-Jamani and Charoula Angeli. Effect of Robotics on Elementary Preservice Teachers’ Self-Efficacy, Science Learning, and Computational Thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2):175–192, April 2017.

- [75] Amy Eguchi. Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation. page 8, 2014.
- [76] Didier Roy, Pierre-yves Oudeyer, Stéphane Magnenat, Fanny Riedo, Gordana Gerber Morgane, and Chevalier Francesco Mondada. *IniRobot: a pedagogical kit to initiate children to concepts of robotics and computer science*.
- [77] Stéphane Magnenat, Jiwon Shin, Fanny Riedo, Roland Siegwart, and Morderchai Ben-Ari. Teaching a core CS concept through robotics. pages 315–320. ACM, June 2014.
- [78] S. Magnenat, F. Riedo, M. Bonani, and F. Mondada. A programming workshop using the robot “Thymio II”: The effect on the understanding by children. In *2012 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)*, pages 24–29, May 2012.
- [79] Fanny Riedo, Morgane Chevalier, Stephane Magnenat, and Francesco Mondada. Thymio II, a robot that grows wiser with children. In *2013 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts*, pages 187–193, Tokyo, Japan, November 2013. IEEE.
- [80] Le robot Thymio comme outil de découverte des sciences du numérique. [//www.fun-mooc.fr/courses/course-v1:inria+41017+session01/about](http://www.fun-mooc.fr/courses/course-v1:inria+41017+session01/about).
- [81] LEGO Education. MINDSTORMS EV3 Teacher Introductions – Support – LEGO Education. <https://education.lego.com/en-au/support/mindstorms-ev3/teacher-introduction>.
- [82] Karen Brennan and Mitchel Resnick. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. page 25, 2012.
- [83] Marcos Román-González, Juan-Carlos Pérez-González, and Carmen Jiménez-Fernández. Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72:678–691, July 2017.
- [84] Marcos Román-González, Jesús Moreno-León, and Gregorio Robles. Combining Assessment Tools for a Comprehensive Evaluation of Computational Thinking Interventions. In Siu-Cheung Kong and Harold Abelson, editors, *Computational Thinking Education*, pages 79–98. Springer Singapore, Singapore, 2019.
- [85] Teaching Styles: Different Teaching Methods & Strategies. <https://education.cu-portland.edu/blog/classroom-resources/5-types-of-classroom-teaching-styles/>, January 2013.
- [86] Pierre Dillenbourg, Michael J. Baker, Agnès Blaye, and Claire O’Malley. The evolution of research on collaborative learning. 1995.
- [87] Pierre Dillenbourg. What do you mean by collaborative learning? *P. Dillenbourg (Ed) Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*, pages 1–19, 1999.
- [88] Brigid Barron and Linda Darling-Hammond. *Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning. Book Excerpt*. George Lucas Educational Foundation, 2008.
- [89] Thymio R2t2 Mars - Thymio & Aseba. <https://www.thymio.org/en:thymio-r2t2>.
- [90] Blue-Bot - Blue-Bot - Programming Journey Robots - Products. <https://www.terrapiologo.com/products/robots/blue-bot/bluebot.html>.
- [91] Alfredo Pina and Gabriel Rubio. Using Educational Robotics with Primary Level Students (6-12 Years Old) in Different Scholar Scenarios: Learned Lessons. In *CSEdu*, 2017.

- [92] mathilde. IniRobot : les sciences du numérique avec un petit robot. <https://pixees.fr/inirobot-les-sciences-du-numeriques-avec-un-petit-robot/>, September 2014.
- [93] Pixees : Ressources pour les sciences du numérique. Zoom sur les activités avec Thymio. <https://pixees.fr/?s=thymio&orderby=relevance>.
- [94] Sze Yee Lye and Joyce Hwee Ling Koh. Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41:51–61, December 2014.
- [95] ArtLab – EPFL. <https://www.epfl.ch/campus/art-culture/museum-exhibitions/artlab/>.
- [96] Juliette Calvi. Jouer à «robot-idiot» pour s’initier aux algorithmes. <https://pixees.fr/dis-maman-ou-papa-cest-quoi-un-algorithme-dans-ce-monde-numerique-%e2%80%a8/>, August 2014.
- [97] LEGO.com US – Inspire and develop the builders of tomorrow. <https://www.lego.com/en-us>.
- [98] 1, 2, 3, codez ! - Activités cycle 1 - Séance 1.4: Parcours conditionnels : la chasse au trésor. [/fr/page/34474/1-2-3-codez-activites-cycle-1-seance-14-parcours-conditionnels-la-chasse-au-tresor](https://www.lego.com/fr/page/34474/1-2-3-codez-activites-cycle-1-seance-14-parcours-conditionnels-la-chasse-au-tresor).
- [99] Sorting Networks : Computer Science Unplugged Activity References. <https://classic.csunplugged.org/sorting-networks/>.
- [100] Alice Viéville. Jouer à «pixels au paravent», pour s’initier au codage de l’information. <https://pixees.fr/dis-papa-ou-maman-comment-arrivent-les-bugs-dans-le-monde-numerique/>, August 2014.
- [101] Codez une information en binaire. <https://openclassrooms.com/en/courses/3930076-manipuler-linformation/3930089-codez-une-information-en-binaire>.

A Compétences et Sous-Compétences Attendues au Cycle 1

Table 9: Récapitulatif des compétences, savoirs et savoir-faires attendus des élèves de 1-2P

Cycle 1 - 1-2P	Compétences, savoirs, savoir-faire	
Algorithmique et programmation	Comprendre et utiliser les algorithmes et les programmes informatiques	<p>Exécuter/créer un algorithme simple</p> <p>Savoir qu'un algorithme est une méthode permettant de résoudre un problème, de mener une tâche</p> <p>Découvrir le lien entre les algorithmes, les langages informatiques et les machines</p>
Informations et données	Comprendre et utiliser les données informatiques, leur codage et leur transmission	
Machines, systèmes informatiques, réseaux	Comprendre et utiliser les machines, les robots et les réseaux	<p>Découvrir ce qu'est une machine</p> <p>Savoir qu'on peut donner des instructions à une machine</p> <p>Découvrir ce qu'est un ordinateur</p> <p>Découvrir ce qu'est un robot</p> <p>Programmer un robot pour lui donner un comportement simple</p> <p>Différencier le robot de l'homme</p> <p>Savoir que si on compare un robot à un animal, on peut dire que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ses capteurs sont ses organes sensoriels ses moteurs sont comme ses muscles - son ordinateur est comme son cerveau - l'assemblage de ses pièces est comme son corps

Table 10: Récapitulatif des compétences, savoirs et savoir-faires attendus des élèves de Cycle 1

Cycle 1 - 3-4P	Compétences, savoirs, savoir-faire	
Algorithmique et programmation	Comprendre et utiliser les algorithmes et les programmes informatiques	Exécuter/créer un algorithme simple Savoir qu'un algorithme : - est une méthode permettant de résoudre un problème. - peut contenir des instructions, des tests, des boucles. - peut ne pas donner une solution parfaite.
		Savoir que : - un test permet de choisir quelle action effectuer si une condition est vérifiée ou non. - une condition est une expression qui est soit vraie, soit fausse - une boucle permet de répéter plusieurs fois les mêmes instructions. - certaines boucles, dites infinies, ne s'arrêtent jamais." Exécuter/créer un algorithme avec une boucle à une instruction Exécuter/créer un algorithme avec une condition Exécuter/créer un algorithme avec des boucles simples et des conditions simples
		Décrire le lien entre les algorithmes, les langages informatiques et les machines Savoir que : - on peut donner des instructions à une machine en utilisant un langage spécial, appelé langage de programmation, compréhensible par l'homme et la machine. - un programme est un algorithme exprimé dans un langage de programmation. - un bug est une erreur dans un programme. - un tout petit bug peut parfois avoir des conséquences énormes.
		Coder et décoder des données textuelles avec des symboles autres que des lettres Savoir que : - les machines stockent et traitent des données comme des textes ou des images - on peut coder un texte en représentant ses lettres par des nombres choisis à l'avance. Créer et utiliser un codage des images Savoir qu'on peut représenter une image par une grille de carrés appelés pixels.
Informations et données	Comprendre et utiliser les données informatiques, leur codage et leur transmission	
Machines, systèmes informatiques, réseaux	Comprendre et utiliser les machines, les robots et les réseaux	Décrire ce qu'est une machine (M1) Savoir que : - les machines qui nous entourent ne font qu'exécuter des ordres (instructions). - en combinant plusieurs instructions simples on peut faire exécuter une tâche complexe à une machine.
		Décrire ce qu'est un automate Décrire ce qu'est un robot (R1, R2, R3, R4) Savoir que : - un robot est une machine qui peut interagir avec son environnement. - un robot peut effectuer des actions : bouger, produire un son, émettre de la lumière... - un robot possède des capteurs qui lui permettent de percevoir son environnement. - un robot possède un ordinateur qui exécute le programme informatique lui indiquant quelles actions faire dans quelles situations.
		Programmer un robot pour lui donner un comportement Savoir que pour programmer un robot, on utilise les informations de ses capteurs pour décider ce que vont faire les moteurs.
		Décrire ce qu'est un réseau, selon différents sens Décrire ce qu'est un réseau d'ordinateurs Savoir que : - un réseau informatique est un ensemble d'ordinateurs reliés entre eux. - pour envoyer un message à quelqu'un, il faut identifier le destinataire de manière unique.

B Descriptif des Activités

B.1 Journée 1 - Concepts de Base

B.1.1 Le Jeu du Robot

Cette activité est un jeu de déplacement où les élèves peuvent physiquement prendre la place d'un "robot idiot" [96]. Un élève, qui joue le rôle de l'humain, donne des ordres qu'un autre, jouant le rôle du robot devra exécuter, pour sortir d'un labyrinthe ou récupérer un objet. Pour parvenir au but, les élèves doivent s'accorder sur un langage de programmation commun qui sera compris par la machine. En jouant sur des variables pédagogiques (robot aveugle ou sourd, accessible ou non), l'enseignant peut faire vivre différentes situations aux élèves pour aborder les concepts suivants :

- Un algorithme est une méthode permettant de résoudre un problème.
- Un algorithme peut contenir des instructions, des tests, des boucles.
- Une boucle permet de répéter plusieurs fois les mêmes instructions. Par exemple ceci pourrait être travaillé en demandant aux élèves de répéter la suite d'instructions "1 pas en avant, puis 1 pas à gauche"
- On peut donner des instructions à une machine en utilisant un langage spécial, appelé langage de programmation, compréhensible par l'homme et la machine.
- Un programme est un algorithme exprimé dans un langage de programmation.
- Un bug est une erreur dans un programme. Pour sensibiliser les élèves à ceci, il serait possible de fournir un exercice où le robot n'arrive pas à l'endroit souhaité et l'élève doit essayer de trouver l'origine et ensuite résoudre le problème.
- Les machines qui nous entourent ne font qu'exécuter des "ordres" (instructions).

En terme de compétences chez les élèves identifiées dans le plan d'études :

- Utilisation et création de langages précis, communs et négociés pour transmettre des instructions.
- Exécution et création d'une suite d'instructions simples pour transmettre des instructions pour déplacer un objet réel ou virtuel (lutin, robot, ...) ou une personne.
- Exécution, création ou correction d'une suite d'instructions plus complexes (notamment avec des boucles et des instructions conditionnelles) pour déplacer, faire agir un objet réel ou virtuel, une personne.

Les compétences spatiales de repérage et de latéralisation sont très sollicitées et permettent d'offrir une approche dynamique et engageante pour l'élève à des activités traditionnelles de mathématiques. [48]. Les élèves seront également confrontés aux différences entre le repérage absolu et relatif (i.e. perspective décentré [48]) étant donné les différences de points de vue entre celui qui donne les ordres et celui qui exécute. Le lien sera ensuite montré lors des séances de robotique avec les machines et les robots afin d'explicitier que les instructions doivent également considérer les caractéristiques de la machine qui exécute quant à leur repérage dans l'espace. "Pour aller plus loin dans les objectifs pédagogiques, il est [également] possible [d'intégrer des défis complémentaires en fournissant des programmes à suivre contenant] des bogues pour tirer profit des erreurs productives (Kapur, 2008)" [48].

B.1.2 Le Jeu de la Grue

Les élèves ont découvert les instructions et le langage avec le jeu du robot, avec le jeu de la grue, ils vont pouvoir créer des programmes pour une machine automatique appelée la grue. Les élèves sont groupés par 3 ou 4 : ils organisent les rôles pour être programmeur, lecteur ou exécuteur. Un contrôleur pourra être ajouté. L'objectif de cette activité est de se placer en groupes et d'attribuer des rôles aux élèves : une personne jouera le rôle du constructeur et l'autre du robot.

Le constructeur fournit les instructions pour que le robot réalise une tâche de déplacement d'objet (cubes, gobelets ou autre) ou de construction. Le lecteur lit le programme et le verbalise pour donner les instructions à la machine. La machine suit les instructions et avance vers l'objet indiqué, le récupère et ensuite le transporte à son lieu de destination. Ainsi, cette activité s'articule autour de la notion d'instruction avec un set d'instructions précises, communes et limitées (avance, recule et pince). De plus, jouant successivement les rôles différents, les élèves pourront saisir les enjeux de la machine "idiote" tout en travaillant leur collaboration. L'activité peut évoluer vers des défis de plus en plus complexes en variant le nombre d'objets, le nombre de couleurs, l'ordre des pièces etc... L'élève doit alors décomposer le problème en plusieurs parties pour permettre un déplacement efficace des cubes. La simplicité du matériel en fait une activité aisément transférable dans les classes, prolongeable avec des jeux de type construction. L'exemple présenté en Figure 24 est réalisé avec des multicubes mathématiques. ©[97]

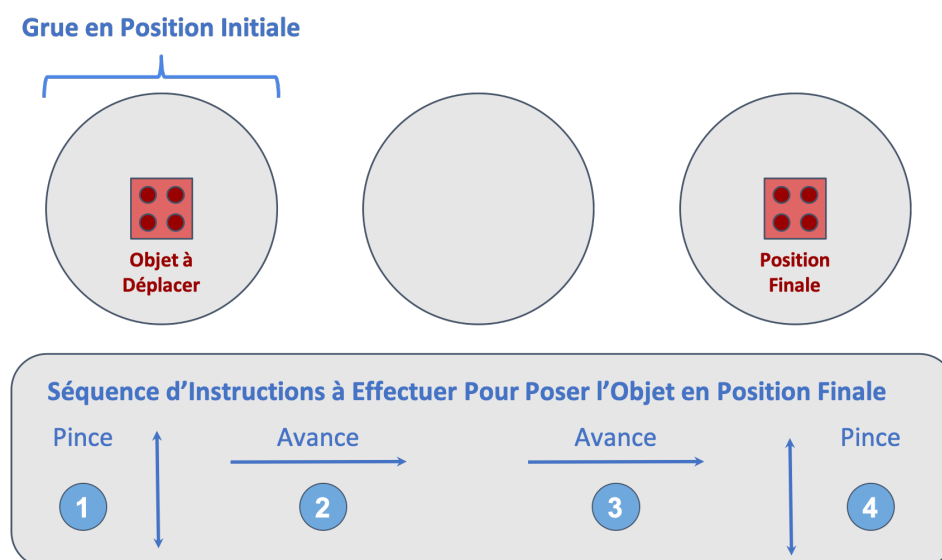


Figure 24: Illustration du Jeu de la Grue pour 1-2P, telle que Présentée aux Enseignant-e-s en Journée 1 de Formation. Cette activité peut être étendue pour des élèves de 3-4P en se servant de gobelets qui peuvent être positionnés les uns au dessus des autres pour créer des structures plus en plus complexes avec l'introduction de la notion de boucle.

Les concepts en jeu pour cette activité sont les suivants:

- On peut donner des instructions à une machine en utilisant un langage spécial, appelé langage de programmation, compréhensible par l'homme et la machine.
- Un programme est un algorithme exprimé dans un langage de programmation.
- Un bug est une erreur dans un programme.
- Les machines qui nous entourent ne font qu'exécuter des "ordres" (instructions).

Les compétences développées chez les élèves sont les mêmes que le jeu du robot avec des pré-requis de repérage dans l'espace moins déterminants pour la réussite des élèves.

B.1.3 La Chasse au Trésor

Cette activité est basée sur la séance des parcours conditionnels de 1,2,3 Codez [98] et s’articule autour d’un jeu de déplacement sur quadrillage mais cette fois-ci sur papier, comme présenté en Figure 25. L’objectif est que les élèves travaillent les séquences d’instructions en conjonction avec des instructions conditionnelles liées aux symboles qui se situent sur la carte. Ce jeu offre donc une continuité au jeu du robot par l’introduction de la notion de **Si-Alors-Sinon**

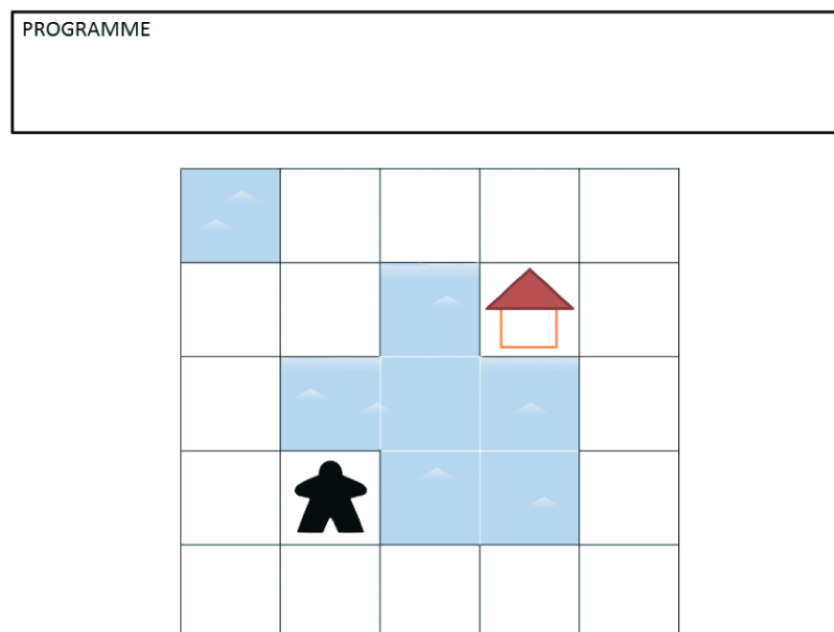


Figure 25: Illustration de l’Activité de la Chasse au Trésor [1], telle que Présentée aux Enseignant·e·s en Journée 1 de Formation

B.1.4 La Machine à Trier

Cette activité [49, 99, 2] a pour objectif de “comprendre le fonctionnement des ordinateurs et la rapidité de travail mathématiques des machines par parallélisme” [2]. Pour les plus petits, il ne s’agit pas de comprendre ces éléments de tri, mais de vivre de façon incarnée le tri de données dans le respect d’un algorithme connu de tous. La recherche systématique de la formule si...alors par les élèves permet d’installer par immersion une logique prégnante et transférable dans d’autres situations de raisonnement. En utilisant un réseau de tri représenté au sol ou sur une bâche selon la structure présentée en Figure 26, les élèves vont comparer leurs cartes représentant des éléments à ranger (numériques, mesures, sons, récits, lettres...). Les élèves se positionnent à l’entrée du réseau (carrés rouges), avancent le long des tracés, se comparent successivement aux jonctions (cercles bleus) entre eux pour savoir où se diriger vers le noeud de comparaison suivant. Ainsi, les élèves travaillent les structures conditionnelles itérativement pour se rendre compte qu’ils sont triés à l’arrivée (carrés verts). D’autres notions plus complexes peuvent également être introduites comme la vitesse de calcul de l’ordinateur en faisant le lien avec le temps (ou nombre d’étapes) pour arriver à la sortie. Pour les plus grands, la classe pourra proposer des solutions pour résoudre les cas particuliers : si il y a un absent, si il y a des égalités, ... Des comparaisons peuvent même être faites avec d’autres algorithmes de tris en débranché comme présenté dans l’ouvrage **CS Unplugged** de Tony Bell et al. [49]

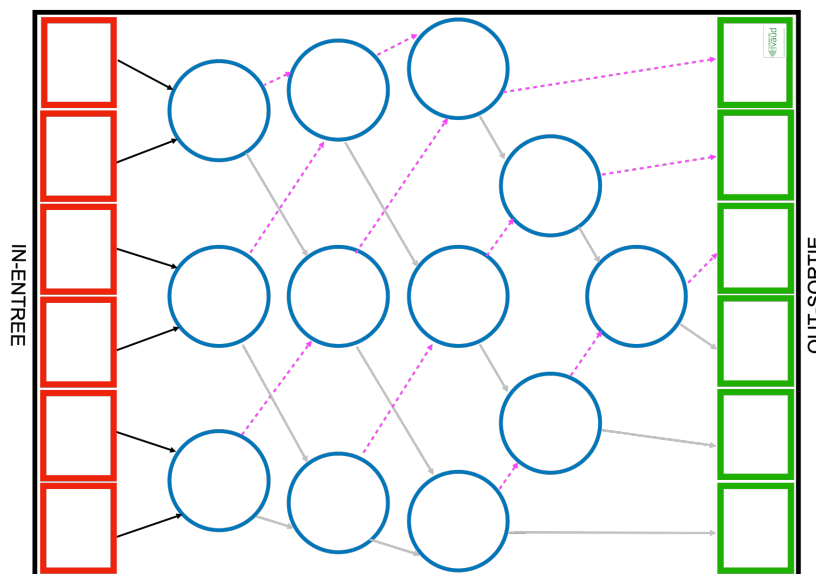


Figure 26: Illustration de la Machine à Trier, telle que Présentée aux Enseignant·e-s en Journée 1 de Formation

B.1.5 Pixel Paravent

Cette activité permet de simuler une transmission d’images et en d’abord ensuite, pour les plus grands, la notion de nombres binaires et de codage d’information [100, 101]. En prenant une image représentée sur un quadrillage noir et blanc, l’objectif est de “montrer que l’on peut réduire un objet à un code numérique, sans changer son apparence [et ainsi] faire découvrir le binaire à travers un exemple concret” [100]. “Deux enfants ou groupes d’enfants se mettent de part et d’autre d’un paravent [...] et vont s’échanger de [...] petits dessins sur une grille de taille 5 x 5 carreaux. [Les élèves vont transmettre] à la queue leu-leu les bits[.] L’autre groupe dessine [ensuite] le résultat et le dessin ré-apparaît.” [100] Les élèves peuvent ainsi découvrir différentes manières de transmettre une même information et expérimenter différentes méthodologies de compression de données par le biais d’une activité simple. Cette activité peut également sensibiliser les élèves aux erreurs de transmission d’information qui peuvent avoir un grand impact sur le résultat lorsqu’un bit est perdu par exemple.

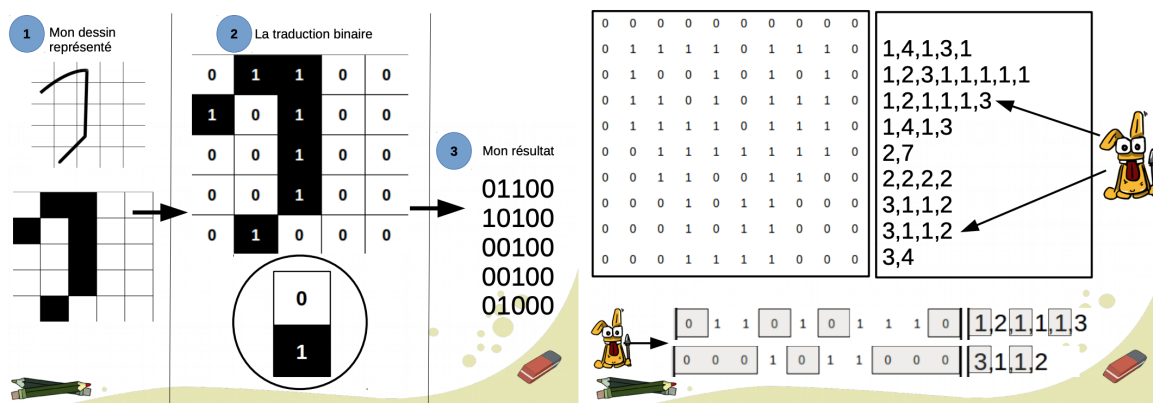


Figure 27: Illustration de l’Activité de Pixel Paravent [2] Pour Saisir les Enjeux de Codage et de Transmission des Données

B.1.6 Résumé des Concepts Acquis en Journée 1

Science informatique au cycle 1, phase pilote 2018-2019 — Concepts travaillés par activité (J1)

Document du 25 avril 2019, Groupe de travail DGEO/DP – EPFL – HEP Vaud – UNIL

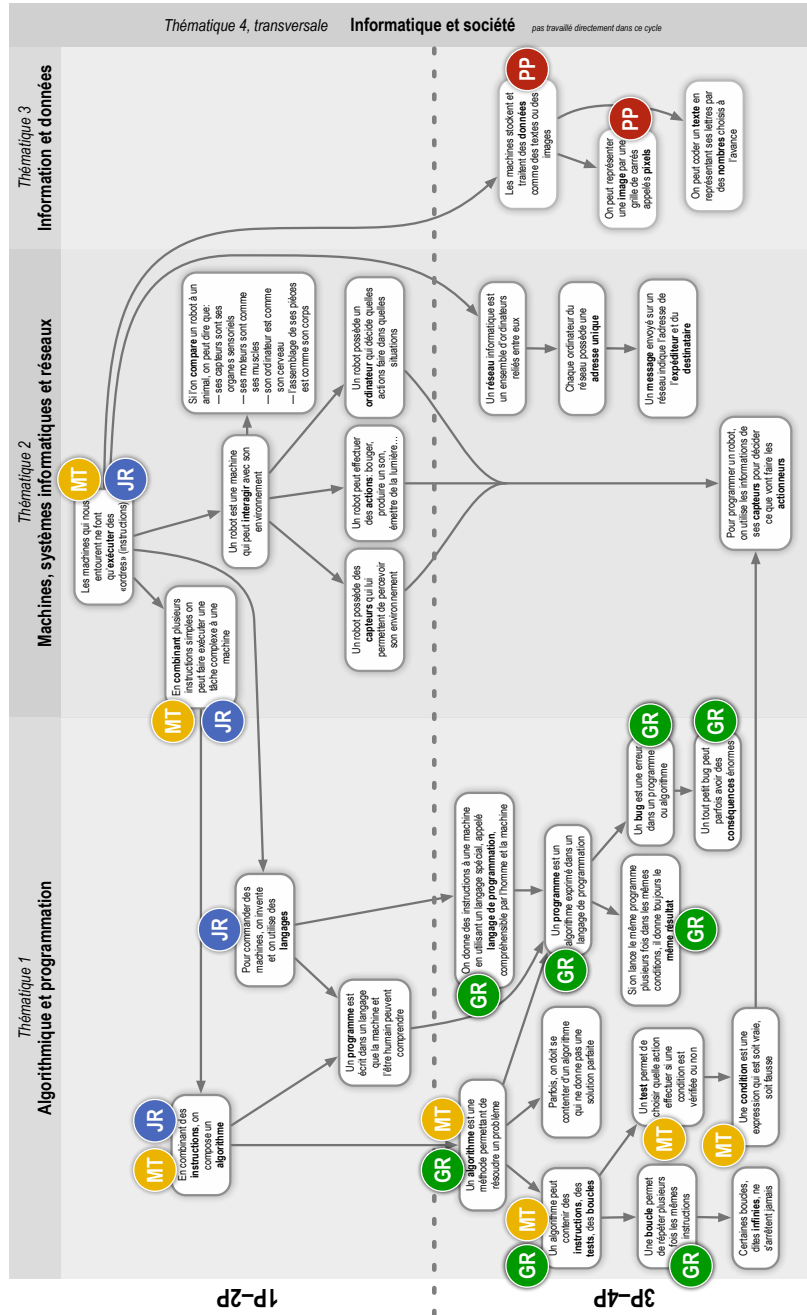
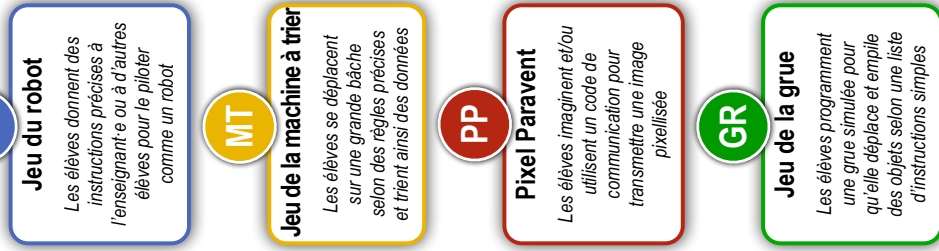


Figure 28: Carte Conceptuelle des Activités Cycle 1 Présentées en Journée 1

B.2 Journée 2 - Robotique

B.2.1 BlueBot

L'objectif de cette activité est de faire comprendre à des élèves de 1-4P à partir de l'utilisation du robot BlueBot [90] que "pour commander des machines, on leur donne des instructions en utilisant un langage spécial, appelé langage de programmation, compréhensible par l'homme et la machine". Ainsi, l'intention didactique est d'amener l'élève à se rendre compte que :

- Un robot (ou automate) agit selon les instructions d'un programme.
- Il faut être précis et rigoureux dans ses instructions. L'automate n'a alors plus qu'à exécuter ce programme, c'est-à-dire faire exactement ce qu'on lui dit.

Le robot BlueBot se démarque par la possibilité de programmer ses déplacements de manière séquentielle dans un parcours en appuyant sur des boutons situés sur son dos avant de l'exécuter. Ces derniers peuvent être vus en Figure 29. Les élèves doivent donc apprendre à traduire les mouvements en instructions afin de permettre au robot de se propager dans la carte pouvant contenir des obstacles et donc d'apprendre à résoudre un problème de déplacement sur une carte en le décomposant en plusieurs étapes.

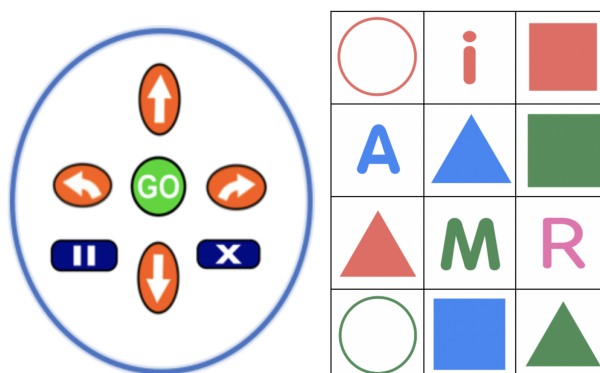


Figure 29: Interface de programmation tangible de la BlueBot avec les boutons sur le dos (gauche) et les quadrillages de déplacement (droite)

Pour mener cette activité dans les classes il faut donc avoir par groupe de 3-4 élèves une BlueBot, une règle, des cartes (contenant des lettres, illustrations, personnages ou autres) ainsi qu'une toile transparente pour poser les cartes et des blocs pour réaliser des parcours, labyrinthes et maquettes.

Une séance pédagogique pourra alors s'organiser comme suit :

1. **Découverte de la BlueBot** : découvrir, verbaliser et décrire les éléments qui constituent l'objet, émettre et valider les hypothèses sur son fonctionnement.
2. **Programmation de la BlueBot** : exécuter des programmes simples (sur ligne ou sur quadrillage pour introduire la notion de rotation) pour se familiariser avec les instructions. Créer ensuite des programmes simples de déplacements avant de progresser vers des exercices de prédiction de comportement ; créer des programmes efficaces qui tiennent compte de certaines contraintes (nombre d'instructions, cartes à visiter ou à éviter etc...) ; réduire le nombre d'instructions en créant des boucles; aborder la comparaison des stratégies (exploration de tous les chemins possibles, des chemins efficaces selon différents critères d'instructions, de temps, de longueur).

B.2.2 Thymio Pré-Programmé

Au cours de cette activité l'objectif est de faire découvrir aux enfants le robot et ses différentes capacités en proposant une succession de missions :

- **Découverte du Thymio** : laisser les élèves découvrir le robot Thymio en autonomie. Après 2-3 minutes, faire ressortir les éléments observés qui permettent de comprendre le fonctionnement du robot. A ce stade, les élèves devraient être capables d'allumer le robot et de constater qu'en appuyant sur les flèches, le Thymio change de couleur. Il faut ensuite pratiquer une démarche d'investigation guidée pour que les élèves comprennent qu'un robot possède des capteurs pour détecter, des actionneurs pour réaliser des actions (éventuellement aussi un ordinateur pour fixer son comportement) et qu'il peut s'adapter à son environnement.
- **Découverte des comportements pré-programmés** : une fois la base acquise, il s'agit de découvrir les programmes pré-enregistrés dans le robot en utilisant une fiche à compléter par des dessins ou des phrases et en donnant un nom à chaque comportement. Pour aider à qualifier le nom, on peut dire : "Si c'était un animal on pourrait dire qu'il est...". On rappelle en préambule qu'il existe des programmes pré-enregistrés dans le Thymio, que les flèches servent à faire défiler les comportements et que le bouton rond sert à valider. Il s'agit donc ensuite de comprendre la logique événementielle liée à chacun de ces comportements et donc de relier à chaque mode (ou couleur) les différentes actions comme illustré en Figure 30.
- **Missions Avancées** : Proposer différents ateliers avec des défis à résoudre comme trouver le meilleur mode pour descendre une piste (suivre une ligne) avec des obstacles, trouver la ligne qui permet au robot de la suivre le plus rapidement possible (il s'agit donc de se rendre compte que la ligne optimale est une ligne noire épaisse), faire en sorte que des Thymios se suivent, trouver le mode qui permette au Thymio de sortir d'un labyrinthe etc...

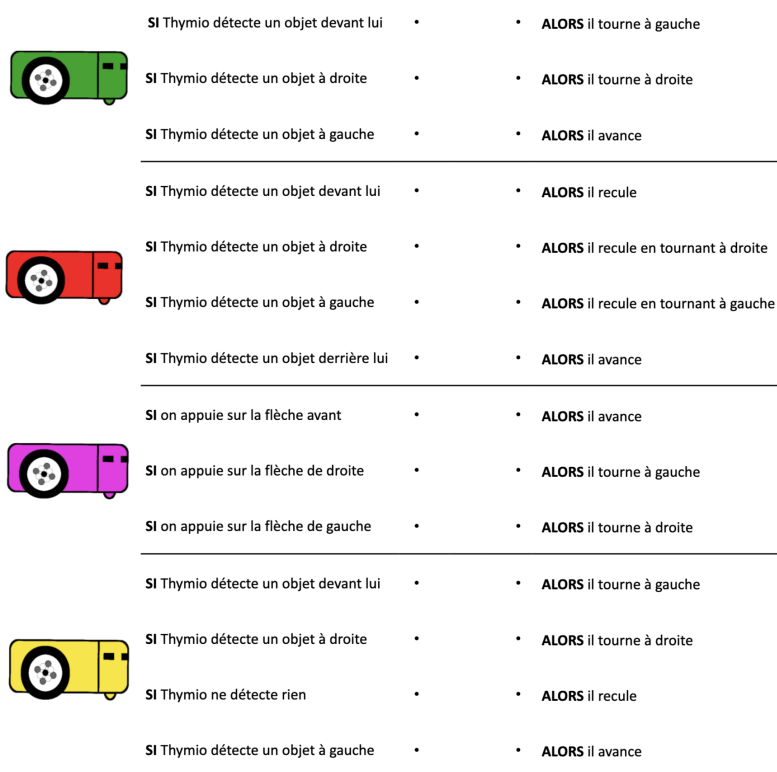


Figure 30: Illustration de l'activité de compréhension de la logique événementielle des modes pré-programmés du robot Thymio

B.2.3 Thymio VPL

Une fois que les élèves sont familiers avec le robot et ses modes pré-programmés, il est ensuite possible de passer à la programmation à travers une interface de programmation visuelle : le VPL (Visual Programming Language). Cette interface simplifiée permet d'implémenter des actions événementielles sur le robot par la définition d'un ensemble de cartes et de réactions associées comme illustré en Figure 31.

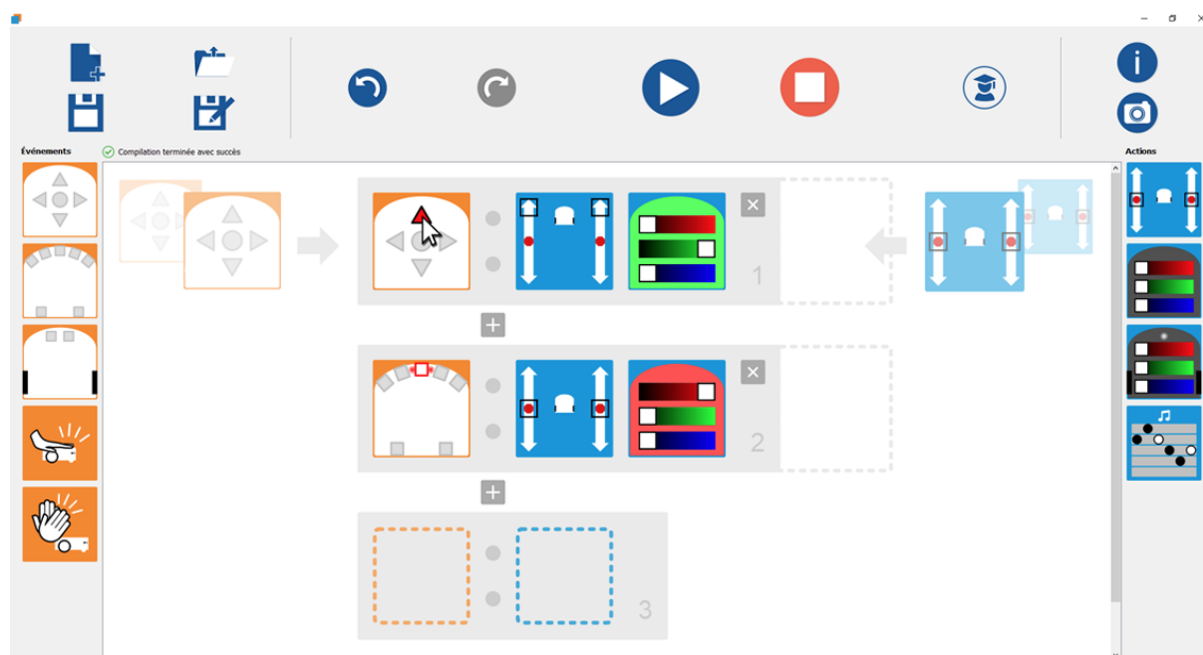


Figure 31: Interface de programmation visuelle (VPL) pour le robot Thymio avec les évènements trigger à gauche en orange et les actions qui peuvent y être associés à droite en bleu. Image reprise de la page VPL de thymio.org

La séquence pédagogique suivante est envisagée:

1. **Découverte du sens de la programmation** : Un Thymio est programmé de manière à surprendre ceux qui viennent de découvrir les pré-programmes. Un Thymio bleu obéit aux ordres par exemple. Il a changé son comportement, il a donc été reprogrammé. Ouverture de l'application collectivement afin de montrer en pas à pas les étapes de branchement du Thymio.
2. **Découverte du langage VPL** : Demander aux enseignant·e·s / élèves de réaliser des programmes simples fournis sur des supports papiers sur l'interface et en de décrire le comportement. Ici, ils découvriront comment faire avancer le robot et changer de couleur. Ils devraient également constater que le Thymio ne revient jamais dans son état initial si ceci n'est pas explicité dans le programme : s'il commençait à avancer, rien dans son programme ne lui disait comment ou à quelle condition s'arrêter.
3. **Découverte de la programmation événementielle** : Présentation de deux programmes simples qui permettent de comprendre le fonctionnement des capteurs avec la notion de détection et non détection. L'objectif est de comprendre que 1) Quand un capteur détecte quelque chose, on dit qu'il y a un évènement, 2) Une condition peut être "un évènement est arrivé" ou "un évènement n'est pas arrivé". A cette occasion, il faut clarifier la distinction entre programmation événementielle et séquentielle ainsi que celle entre ET / OU.
4. **Mission collective et premiers pas de programmation** : Les élèves relèvent de petits défis (par exemple avec les enseignant·e·s : reproduction du mode explorateur du Thymio jaune et test dans un labyrinthe réel) pour rédiger leurs premiers programmes VPL pour Thymio.
5. **Retours** : compte rendu de la séance avec ce qui a été appris et les difficultés rencontrées. Pour les enseignant·e·s, présentation des utilisations possibles en classe.

B.2.4 Résumé des Concepts Acquis en Journée 2

Science informatique au cycle 1, phase pilote 2018-2019 — Concepts travaillés par activité (J2)

Document du 25 avril 2019, Groupe de travail DGEO/DP – EPFL – HEP Vaud – UNIL

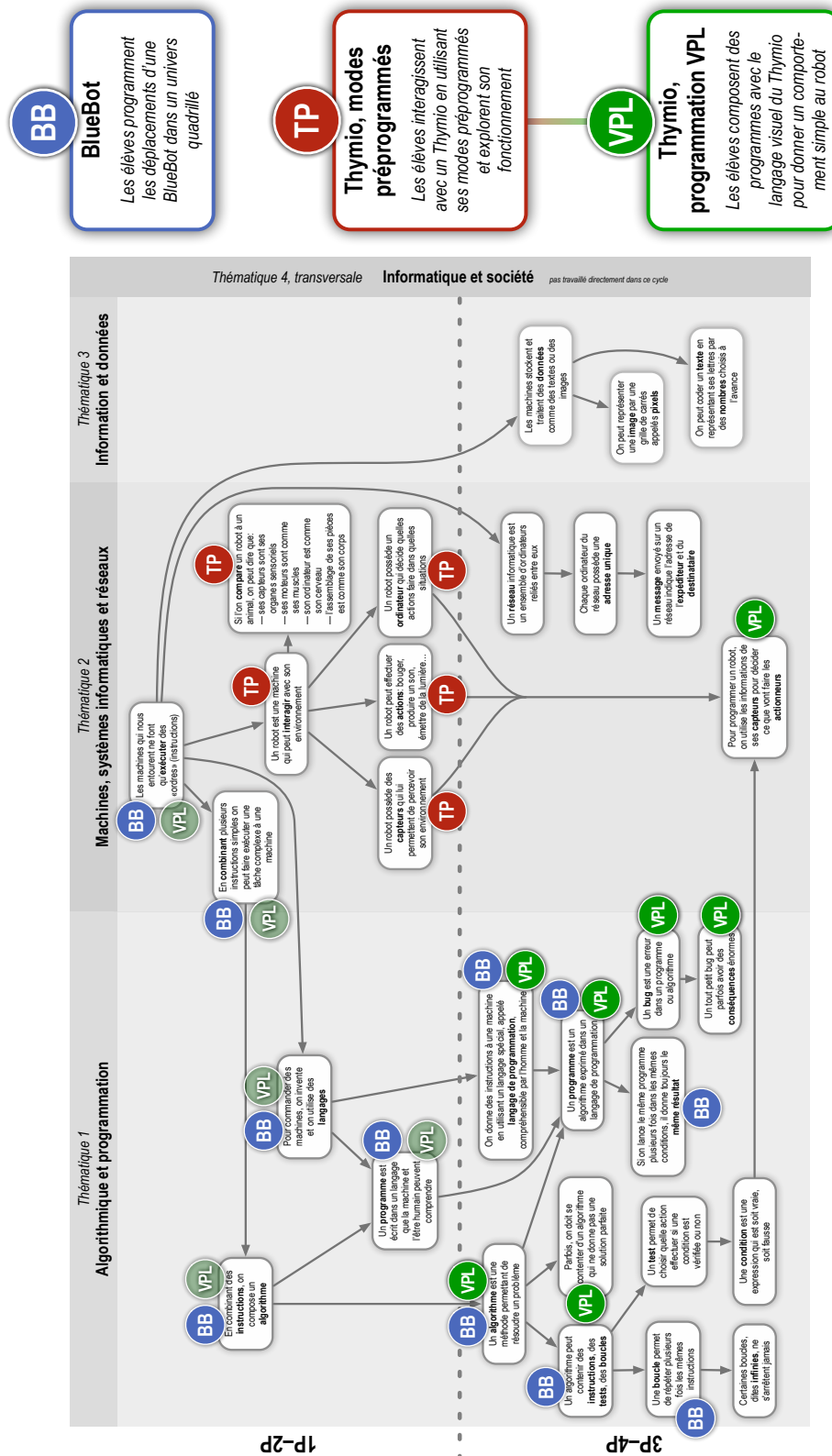


Figure 32: Carte Conceptuelle des Activités Cycle 1 Présentées en Journée 2

B.3 Journée 3 - Concepts Informatiques

B.3.1 Algorithmes du Quotidien

Pour répondre aux besoins exprimés par les enseignant·e·s, un atelier présentant la notion d'algorithmes dans le cadre de la vie courante a été proposé. Ainsi les enseignant·e·s peuvent se familiariser avec les notions algorithmiques par le biais de logigrammes avec l'analogie de recettes de cuisine (biscuits, gâteaux) ou même de séquences d'étapes simples permettant de réaliser des tours de magie avec des cartes. Un exemple de ces logigramme est présenté en Figure 39.

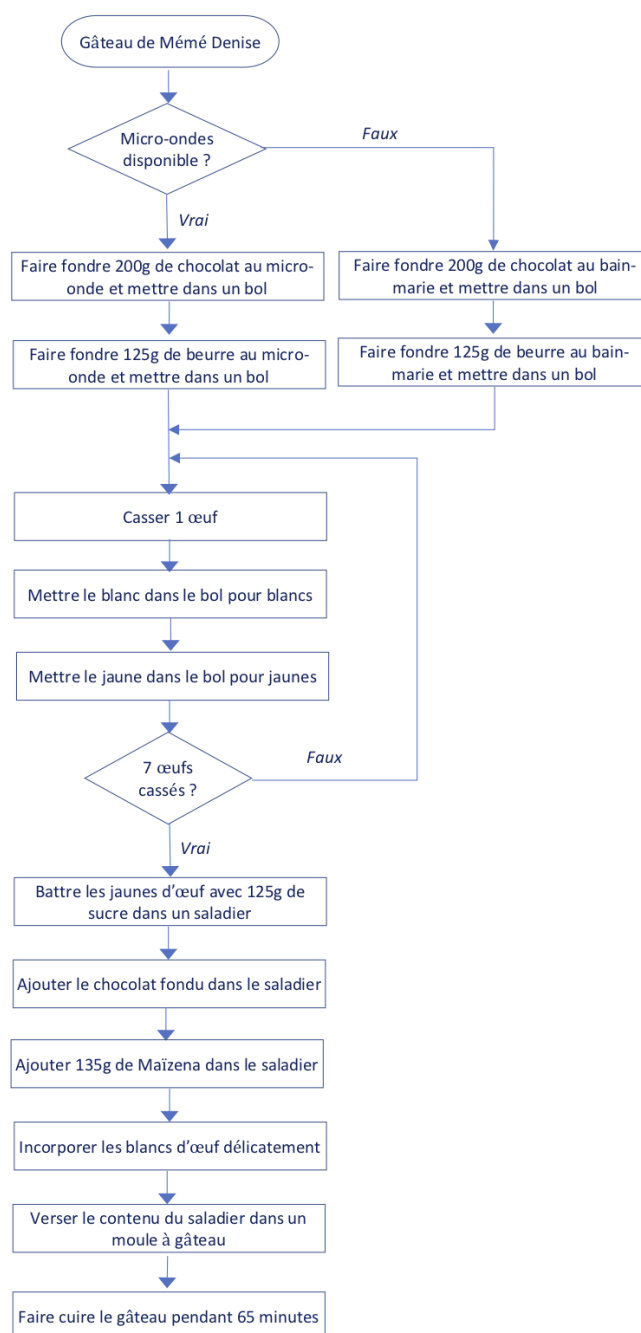


Figure 33: Logigramme pour présenter les algorithmes dans le cadre du quotidien. Exemple de la recette de biscuit simple avec deux boucles.

B.3.2 Tri du Saumon

Une suite à ce qui a été vu avec la machine à trier, ici un algorithme de tri séquentiel est présenté sous la forme d'un jeu où les élèves se mettent en file indienne. La personne en tête de file est le saumon qui doit remonter la rivière et échangeant sa carte avec la personne derrière lui, si elle est plus petite. Ainsi, en parcourant toute la file, le saumon se range en fin de file avec la carte la plus grande. Ceci est répété par tous les élèves et permet d'obtenir une liste triée. L'algorithme vécu par les élèves est présenté en Figure 34

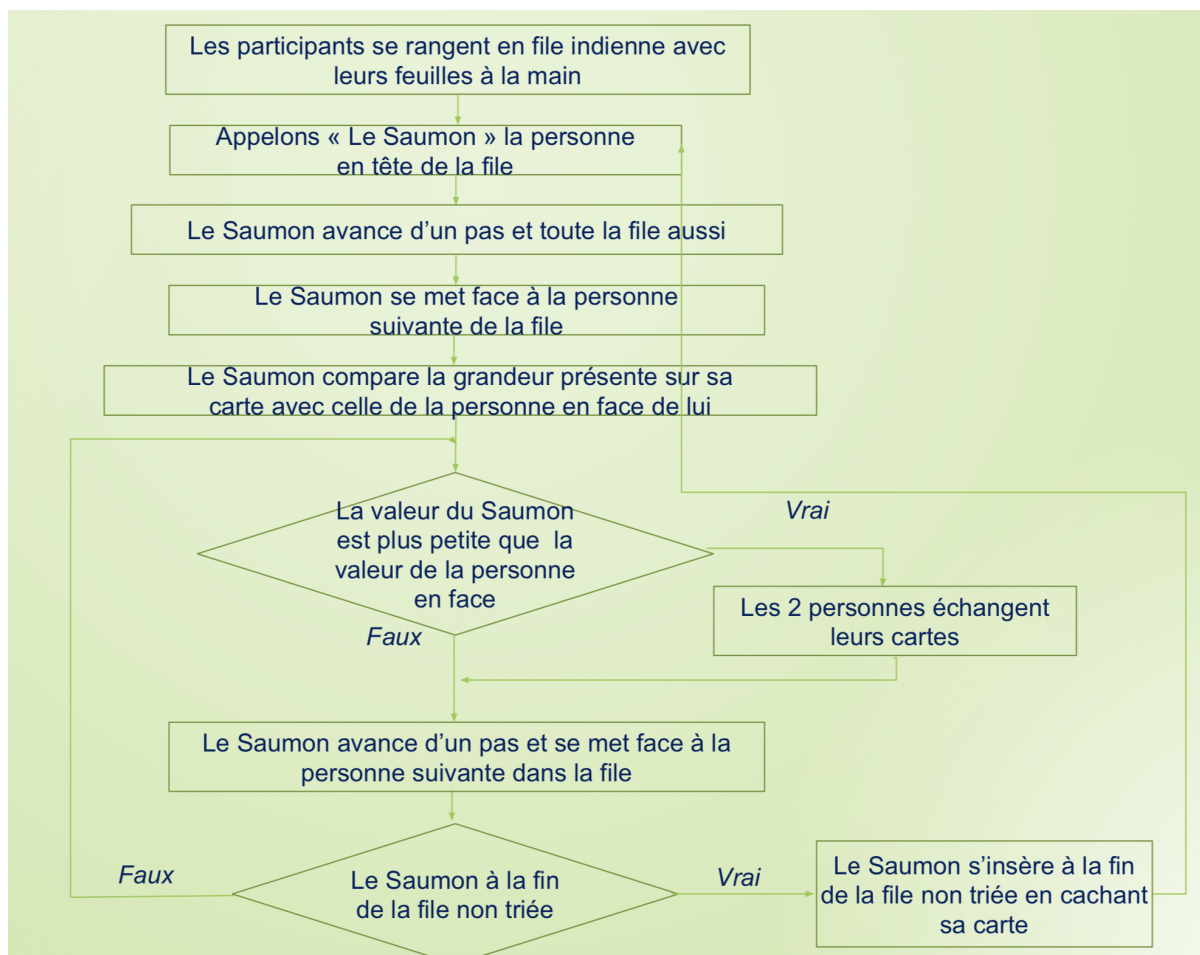


Figure 34: Illustration de l'activité du Tri du Saumon

B.3.3 Scratch Jr.

Scratch Jr. est une interface de programmation visuelle sur tablette ou ordinateur destinée à des enfants de 5-7 ans. A travers ce langage de programmation simplifié des enfants peuvent apprendre les bases de la programmation en créant des avatars qu'ils peuvent animer en insérant des sons, images et les faire bouger sur la scène comme sur la Figure 35. Il s'agit d'une programmation événementielle qui permet aux enfants de travailler les concepts de base de l'algorithmique avec les notions de conditions, boucles et événements tout en insistant sur l'aspect créatif que peut apporter la science informatique.



Figure 35: Interface de Programmation Scratch Jr. Illustration de scratchjr.org/learn/interface

B.3.4 Jeu des Réseaux

En utilisant une tâche de construction collective qui demande de “commander” des pièces via un réseau simulé, on vise la familiarisation avec le principe de paquets envoyés avec une adresse symbolique de destination et une adresse symbolique d’expéditeur. Les deux rôles principaux du réseau (les constructeurs, qui font la demande des pièces, et les fournisseurs, qui envoient les pièces commandées) illustrent le principe de client–serveur à travers le réseau. Ainsi, les élèves pourront se familiariser avec une vision globale de comment des paquets transitent sur un réseau avec une topologie en anneau. Ils devraient donc être en mesure de décrire comment un paquet doit être adressé: avec message, adresse d’expéditeur et adresse de retour.

Le déroulement de l’activité est comme suit :

1. Disposer les élèves (une dizaine; par demi-classe) en cercle. Leur donner à chacun une “adresse” formée d’une lettre de l’alphabet comme indiqué en Figure 36.
2. Faire un exemple de comment un message peut circuler dans ce réseau: Il faut commencer par expliquer que chacun est connecté à son voisin de gauche et son voisin de droite et qu’ainsi, comme chacun joue un ordinateur, tous représentent un réseau informatique. Le réseau permet aux machines de communiquer, l’objectif est d’en comprendre le fonctionnement. Ainsi, il s’agit de faire un exemple où une personne A souhaite envoyer un message à F. Il écrit un petit mot sur un morceau de papier (“salut”), le glisse dans une enveloppe, ajoute la pincette notée F sur l’enveloppe et l’envoie dans le réseau en le passant à son voisin de gauche, B. B reçoit ce paquet, lit le destinataire écrit sur la pincette, voit que ce n’est pas lui, et le fait passer à son voisin de gauche à lui, C. C fait pareil, et finalement, le paquet arrive à F, qui peut l’ouvrir et lire le message. En demandant à F comment il fait pour répondre à A, ceci permet de se rendre compte que ce n’est pas possible sans savoir qui est l’expéditeur. A doit donc, lors de l’envoi d’un message, non seulement indiquer le destinataire F, mais aussi l’expéditeur, avec une pincette.
3. Effectuer un exercice où les élèves doivent utiliser le réseau pour faire une construction en LEGO. Certains élèves se verront attribuer le rôle de bâtisseur qui doivent collaborer pour faire la construction et d’autres de fournisseurs en variant le nombre de types de pièces et ou de couleurs qu’un fournisseur peut gérer.

Il est possible d’effectuer des variantes de cet exercice pour varier la difficulté.

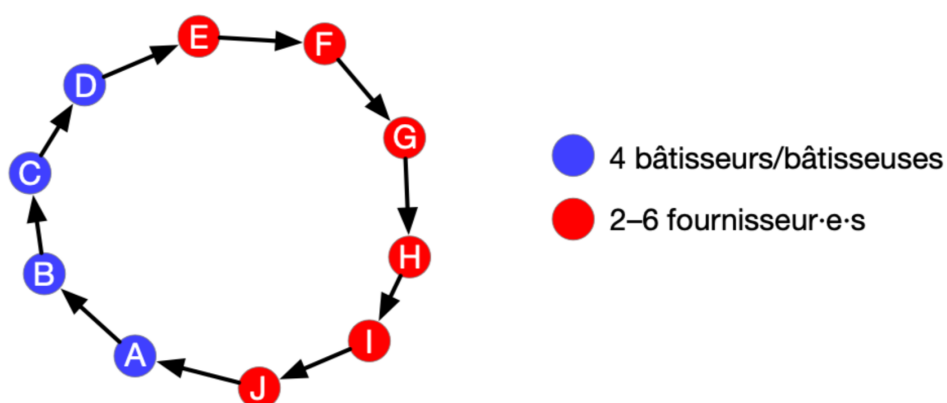


Figure 36: Illustration de la disposition des élèves et de la répartition des rôles pour le Jeu du Réseau

B.3.5 Résumé des Concepts Acquis en Journée 3

Science informatique au cycle 1, phase pilote 2018-2019 — Concepts travaillés par activité (J3)

Document du 25 avril 2019, Groupe de travail DGEO/DP – EPFL – HEP Vaud – UNIL

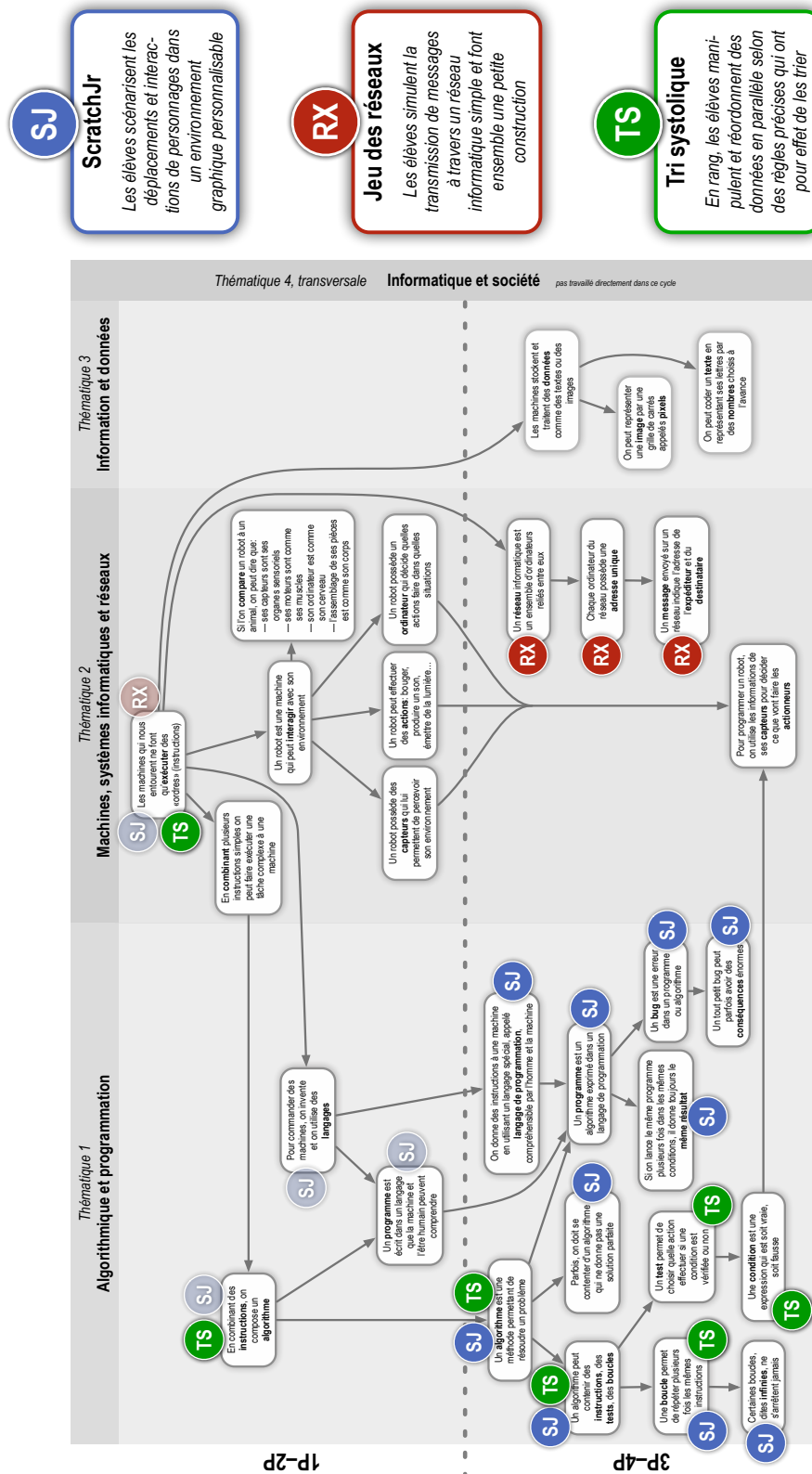


Figure 37: Carte Conceptuelle des Activités Cycle 1 Présentées en Journée 3

B.4 Journée 4 - Pour Aller Plus Loin

B.4.1 Thymio VPL Débranché

Alors que la programmation du Thymio sur ordinateur est stimulante pour les élèves, son utilisation en classe n'est peut-être pas toujours aisée dans la mesure où le matériel (ordinateur, tablette, robot) n'est pas en permanence mobilisable. Il n'est d'ailleurs pas fréquent, en contexte scolaire, de pouvoir fournir un Thymio et un ordinateur pour chaque élève. Mais ce n'est pas tout : d'un point de vue de la dynamique de classe, les écrans peuvent être un frein, peuvent faire "écran" aux interactions entre les élèves. D'un point de vue cognitif, la médiation par le Thymio, en favorisant l'apprentissage par essai-erreur, peut désengager la réflexion, la prise de recul et la décomposition de problème qui est une compétence clé de la science informatique. Ainsi, une approche du VPL en mode débranché a été proposée pour dépasser ces obstacles, en favorisant l'échange et la réflexion des élèves. Ces activités pourront être planifiées en complément du VPL branché.

Des cartes (présentées en Figure 38) sont fournies et reprennent les icônes du langage visuel du Thymio. Celles-ci permettent d'écrire des programmes sans l'intermédiaire d'un écran ou de Thymio. La médiation assurée par le Thymio en programmation branchée est réalisée par les élèves, la classe ou l'enseignant-e pour des interactions structurantes. Cette modalité permet une validation par les pairs ou par un seul robot programmé sur l'interface pour vérifier les propositions.

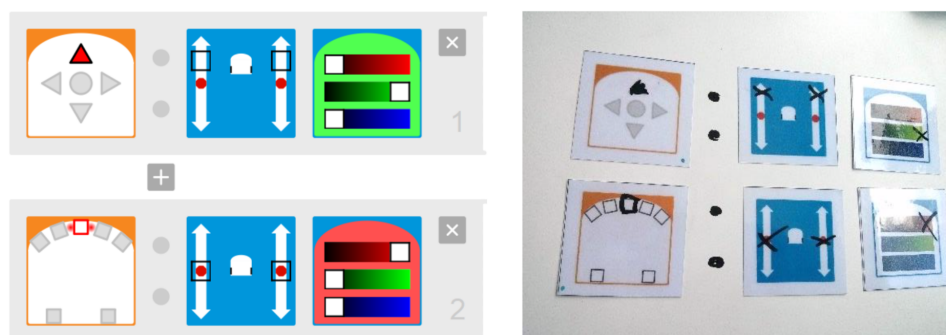


Figure 38: Comparaison entre le programme VPL sur écran et programme correspondant sur papier

Les activités proposées aux enseignant-e-s étaient les suivantes :

- **Du programme à l'algorithme** : montrer un programme aux élèves et de leur demander de verbaliser l'algorithme qui correspond. Le rôle central de l'enseignant consiste à accompagner l'élève dans la structuration et la précision du langage oral puis écrit.
- **De l'algorithme au programme** : cette activité consiste à demander aux élèves de faire le chemin de pensée inverse, c'est-à-dire de trouver le programme à partir de l'algorithme
- **La programmation inversée** : alors que les deux premières activités étaient centrées sur la traduction du langage de Thymio au français, c'est-à-dire la traduction entre programme et algorithme, et vice versa, l'objectif était ensuite de s'intéresser plus à la compréhension de l'utilisation d'un programme en mettant Thymio en action dans un environnement et en demandant aux élèves de deviner le programme qui lui a été donné.
- **Imagine ce que Thymio va faire** : l'objectif ici était de mettre le Thymio dans une situation, ou bien de le représenter dans une certaine situation, et de définir un programme. Ensuite de demander aux élèves ce que Thymio va faire une fois que le programme sera

lancé. Comme les compétences de verbalisation nécessaires à cette activité peuvent être trop complexes pour les élèves les plus jeunes, il est possible de réaliser cette activité à l'aide de questions à choix multiples.

B.4.2 Cryptographie

L'objectif de cette activité est de comprendre que lorsque des informations sont enregistrées sur un ordinateur ou transmises sur un réseau informatique, il est indispensable de pouvoir les sécuriser et s'assurer qu'elles ne pourront être lues ou modifiées par personne d'autre que leur propriétaire ou le destinataire à qui elles s'adressent. C'est le domaine de la cryptographie qui offre des méthodes pour rendre des informations illisibles et les protéger. Il s'agissait pour les enseignants de connaître l'importance de la cryptographie pour la sécurisation des données, d'appliquer quelques méthodes pour encrypter et décrypter des messages et enfin de distinguer les deux types de cryptographie symétrique et asymétrique afin d'en expliquer les enjeux.

La séquence pédagogique est définie comme suit :

1. **Prérequis** : Vérifier que les élèves connaissent la manière dont les données sont représentées dans un ordinateur, sous une forme numérique et, au plus bas niveau, comme des 0 et des 1 (code binaire). Vérifier qu'ils ont compris les principes de base du fonctionnement d'un réseau informatique: l'envoi de paquets d'informations entre un émetteur et un récepteur, avec un certain nombre de machines fonctionnant comme relais entre les deux (routeurs, serveurs...).
2. **Cryptographie Symétrique** : Prendre 5 élèves devant la classe pour jouer la transmission d'une information sur un réseau. Choisir un élève A pour jouer le rôle de l'émetteur et un élève E pour jouer le rôle du récepteur avec les autres jouant le rôle du relais. L'élève A souhaite envoyer un message à E. Il met le message dans la boîte et la fait circuler en indiquant sa destination. La question qui se pose: comment faire pour que le message ne soit pas lu, voire modifié, par B, C et D qui se trouvent sur le chemin? L'idée est donc d'utiliser un cadenas. L'élève A rédige un second message, le met dans la boîte et verrouille celle-ci avec un cadenas à code chiffré. Ce faisant, il "encrypte" le message qui devient illisible par ceux qui ne disposent pas de la "clé". L'élève A fait alors circuler à nouveau la boîte jusqu'au récepteur. Cette fois, le message est sécurisé! La question qui suit est alors : comment le récepteur va faire pour lire le message? Il a besoin de connaître le code chiffré du cadenas pour pouvoir ouvrir la boîte, il doit partager la même "clé" que l'émetteur afin de pouvoir "décrypter" le message. Dans un premier temps et pour simplifier, l'enseignant communique la "clé" – le code chiffré du cadenas – à l'élève E afin qu'il puisse ouvrir le cadenas. Mais l'importante question de savoir comment les deux élèves peuvent faire pour détenir tous deux la même clé afin d'encrypter et de décrypter leurs communications sera reprise un peu plus loin car elle est centrale! L'élève E peut alors ouvrir le cadenas, ce faisant il "décrypte" le message transmis par A en utilisant la même clé que A avait utilisée pour "encrypter" le message. On parle dans ce cas de "cryptographie symétrique": l'émetteur et le récepteur utilisent "la même clé pour encrypter et décrypter" les messages qu'ils s'envoient. A partir de là, les deux élèves ont mis en place un mode de communication sécurisée: tous deux partagent la même clé qui permet d'encrypter et de décrypter leurs messages, s'assurant ainsi que personne d'autre qu'eux n'est en mesure de connaître le contenu de leurs échanges.

Sur la base de ce premier exemple concret, l'enseignant peut proposer aux élèves diverses activités leur permettant de découvrir différentes méthodes d'encryption symétrique. L'idée est de partir du plus concret (l'exemple avec les boîtes et les cadenas) pour aller vers des représentations symboliques (lettres, chiffres) et un peu plus abstraites. Lorsqu'il l'estime opportun et que la maturité des élèves est suffisante, l'enseignant peut les sensibiliser à l'idée que la cryptographie telle qu'elle existe dans le monde informatique fonc-

tionne sous forme de nombres et de calculs sur des nombres. Une clé de cryptage est un très grand nombre avec lequel l'ordinateur va effectuer une série d'opérations mathématiques complexes.

- 3. Cryptographie Assymétrique :** Un exercice similaire peut être effectué pour faire comprendre la notion de cryptographie asymétrique en sensibilisant au fait que ce n'est pas souhaitable d'envoyer une clef à travers le réseau puisqu'une personne malintentionnée sur le réseau aurait pu subtiliser le message, puis attendre la clé et décrypter le message avec la clé. L'idée est donc que le récepteur dispose d'un certain nombre de cadenas à clef et est le seul à posséder les clefs. Le récepteur mets donc à disposition de tout le monde ces cadenas "ouverts". Ces cadenas ouverts constituent la "clé publique" de l'élève E. b L'émetteur A rédige sur un papier le code du cadenas à chiffre utilisé pour fermer sa première boîte. Il place le papier contenant le code dans une seconde boîte, prend un des cadenas ouverts fournis par E et ferme cette seconde boîte avec — il "encrypte" ses données "en utilisant la clé publique de E". Ce dont il peut être sûr, c'est que la seule personne qui sera capable d'ouvrir la boîte et de lire le message, ce sera l'élève E, car il est le seul à posséder la clé qui ouvre ce cadenas. Cette clé que E est seul à posséder constitue sa "clé privée". Il est le seul à pouvoir "décrypter le message. Personne n'est capable d'ouvrir cette boîte, l'élève A lui-même ne peut pas décrypter le message qu'il vient d'encrypter avec le cadenas de l'élève E! L'élève A transmet sa seconde boîte par le réseau à l'élève E. L'élève E utilise sa clé pour ouvrir la boîte, il "décrypte" ainsi le message transmis par A en utilisant sa "clé privée" et découvre le code chiffré qui permet d'ouvrir le cadenas qui ferme la première boîte de A. Ce processus constitue un exemple de "cryptographie asymétrique" : l'émetteur utilise la "clé publique" du récepteur pour "encrypter" son message. Seul le récepteur, qui possède la "clé privée" correspondant à sa "clé publique", est capable de le décrypter". Par ce procédé, les deux élèves ont pu échanger la clé (le code chiffré du cadenas) sans avoir besoin de se rencontrer physiquement et sans courir le risque d'envoyer la clé de manière non sécurisée sur le réseau. Ils vont pouvoir dès cet instant utiliser cette clé échangée pour encrypter et décrypter leurs messages et mettent en place une communication basée sur la "cryptographie symétrique". Comme pour la cryptographie symétrique, des exemples peuvent être fournis.

B.4.3 Résumé des Concepts Acquis à la Journée 4

Science informatique au cycle 1, phase pilote 2018–2019 — Vue d'ensemble des scénarios conceptuels

Document du 25 avril 2019, Groupe de travail DGEOD/DP – EPFL – HEP Vaud – UNIL

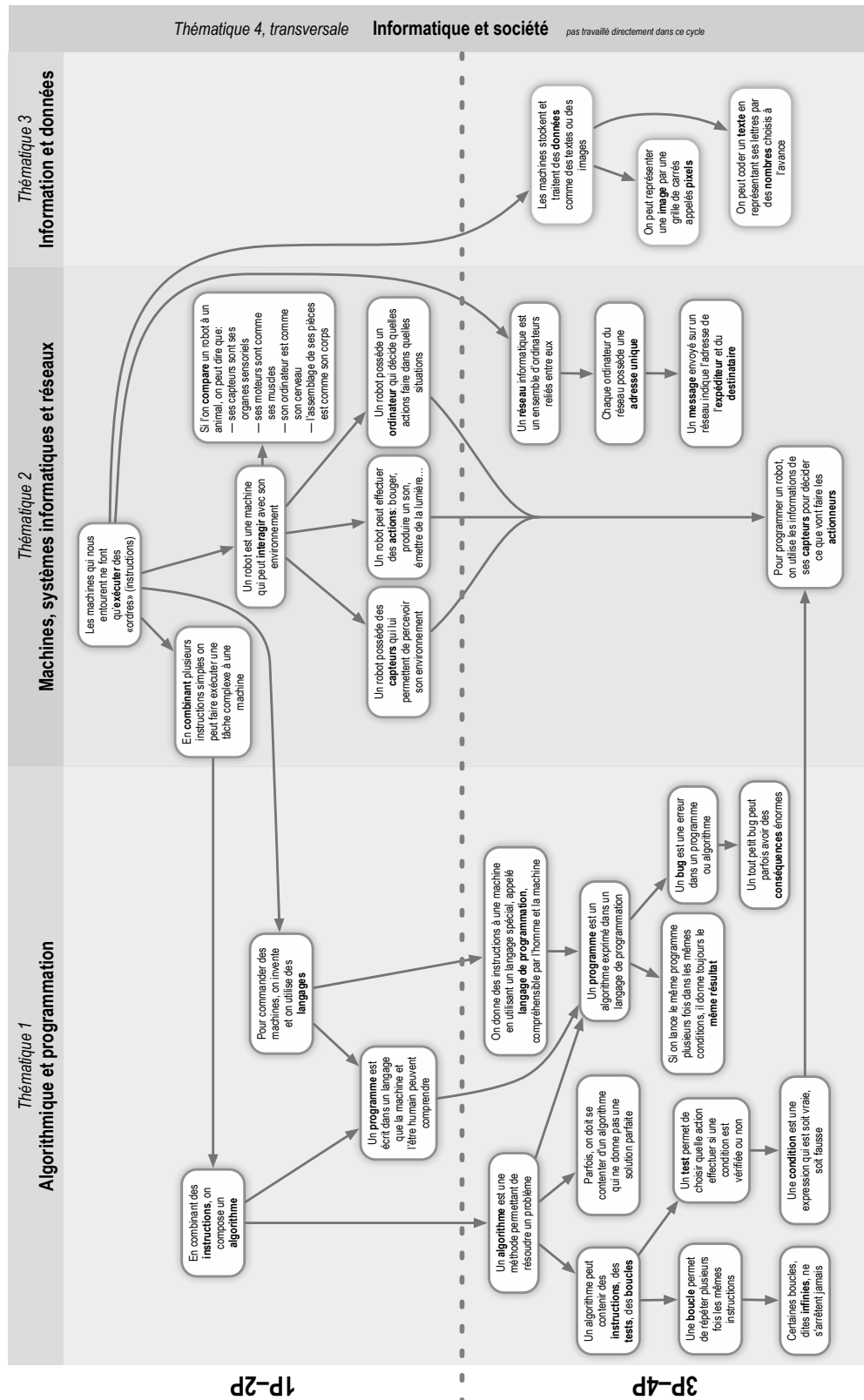


Figure 39: Carte Conceptuelle des Activités Cycle 1 Présentées au Cours de l'Année

C Questionnaires Enseignant·e·s

C.1 Journée 1 - Octobre / Novembre 2018

1. La formation était riche et intéressante.
2. Les objectifs de la formation ont été atteints.
3. Cette journée de formation a répondu à mes attentes.
4. Le niveau de difficulté global de la formation était bien adapté.
5. L'équilibre entre les différents temps de formation était adapté.
6. J'ai apprécié les pauses pour échanger sur mes pratiques ou mes projets
7. J'ai apprécié les exposés sur les concepts
8. J'ai apprécié les ateliers.
9. Quelle partie de la formation avez-vous trouvé la plus utile ? Pourquoi ?
10. Quelle partie de la formation auriez-vous souhaité voir plus développée ? Pourquoi ?
11. Quelle partie de formation vous a le moins intéressé-e ? Pourquoi ?
12. Indiquez quelques points forts que vous percevez dans le projet cantonal.
13. Indiquez les faiblesses du projet ou les problèmes potentiels que vous percevez et qu'il faudra résoudre rapidement.
14. Quelle était votre représentation de la science informatique à 8h ce matin ?
15. Comment cette représentation a-t-elle évolué au cours de cette journée ? Est-elle différente ?
16. Quels sont vos besoins aujourd'hui ?
17. Comment vous sentez-vous après cette première journée ? Réticent ?
18. Comment vous sentez-vous après cette première journée ? Ouvert ?
19. Comment vous sentez-vous après cette première journée ? Confiant ?

C.2 Journée 2 - Janvier 2018

1. La formation était riche et intéressante
2. Les objectifs de la formation ont été atteints.
3. Cette journée de formation a répondu à mes attentes
4. Le niveau de difficulté global de la formation était bien adapté
5. L'équilibre entre les différents temps de formation était adapté
6. J'ai beaucoup apprécié les pauses pour échanger sur mes pratiques ou projets
7. J'ai beaucoup apprécié les ateliers
8. J'ai beaucoup apprécié les retours sur les intentions didactiques

9. Que modifieriez-vous dans cette journée de formation ? Quels ajouts pouvez-vous envisager ? (durée, contenus de science informatique, activités...)
10. Quelles activités avez-vous mises en œuvre en classe depuis la première journée ? Nombre de périodes, Modalités de classe, Observations
11. Quelles difficultés avez-vous eues dans la mise en œuvre de ces activités ?
12. Comment vos élèves se sont-ils appropriés les contenus ? Quelles difficultés avez-vous observées ?
13. Quelles adaptations avez-vous réalisées ?

C.3 Journée 3 - Mars 2019

1. La formation était riche et intéressante
2. Les objectifs de la formation ont été atteints
3. Cette journée de formation a répondu à mes attentes
4. Le niveau de difficulté global de la formation était adapté
5. L'équilibre entre les différents temps de formation était adapté
6. J'ai apprécié le module Concepts algorithmiques
7. J'ai apprécié le module Scratch Jr
8. J'ai apprécié le module Les tris
9. J'ai apprécié le module Les réseaux
10. J'ai apprécié le module La mise en œuvre avec les MER
11. J'ai apprécié le module Le genre
12. Je me sens capable de mener des activités concernant les concepts algorithmiques
13. Je me sens capable de mener des activités concernant Scratch Jr
14. Je me sens capable de mener des activités concernant Les tris
15. Je me sens capable de mener des activités concernant Les réseaux
16. Je me sens capable de mener des activités concernant La mise en œuvre avec les MER
17. Que modifieriez-vous dans cette journée de formation? Quels ajouts pourriez-vous envisager? (durée, contenus de science informatique, activités...) → à compléter au dos de cette feuille
18. Quelles activités avez-vous mises en œuvre en classe depuis la première journée? Nombre de périodes, Modalités de classe, Souhait de complément de formation
19. Quelles observations pouvez-vous nous livrer? (réussites, obstacles, difficultés des élèves, adaptations...)

C.4 Journée 4 - Avril 2019

1. La formation était riche et intéressante
2. Les objectifs de la formation ont été atteints
3. Cette journée de formation a répondu à mes attentes
4. Le niveau de difficulté global de la formation était adapté
5. L'équilibre entre les différents temps de formation était adapté
6. Se retrouver dans un lieu commun est bénéfique
7. J'ai apprécié les ateliers suivants (cochez ceux que vous avez suivis):
8. J'ai apprécié les ateliers suivants Débranché (Square ou cryptographie)
9. J'ai apprécié les ateliers suivants (Thy-bot - Blue-Bot ou Thymio)
10. J'ai apprécié les ateliers suivants En voici d'autres !
11. J'ai apprécié les ateliers suivants Programmation (VPL et Escape Game)
12. J'ai apprécié les ateliers suivants Arts (Artlab ou arts numériques)
13. J'ai apprécié les ateliers suivants Bilan
14. Je me sens capable de mener les activités du jour concernant:
15. Je me sens capable de mener les activités du jour concernant Le débranché
16. Je me sens capable de mener les activités du jour concernant Les robots (défis Thybot ou VPL)
17. Quelles activités avez-vous mises en œuvre en classe depuis la première journée? Mise en œuvre en classe - Nombre de périodes Modalités de classe, Remarques sur l'activité (appréciation, adéquation, adaptation en classe)
18. Que modifieriez-vous dans cette journée de formation? Quels ajouts pourriez-vous envisager? (durée, contenus de science informatique, activités...) → à compléter au dos de cette feuille

C.5 Thématiques Abordées Lors des Focus Groupe Journée 4

1. Thème 1 : contenu de la formation et compétences acquises par enseignant·e-s
 - Qu'est-ce que vous pouvez faire avec les élèves ? avec quoi vous sentez vous à l'aise ou moins à l'aise ?
 - Qu'est-ce que vous ajouteriez /supprimeriez au contenu de ces 4 jours ?
 - Quelles activités voudriez-vous faire mais ne vous sentez pas compétent·e-s ?
 - Quelles compétences avez-vous développées durant cette formation ? en science informatique ? en usages ? autres ? (cf PIX ?)
2. Thème 2 : format formation
 - Quels sont les apports principaux de la formation en présentiel
 - Qu'est ce qui pourrait être fait en ligne ?

- Quelles activités ajouteriez-vous /supprimeriez-vous à ces 4 jours
 - Calendrier des journées ? Equilibre et densité ? transférabilité en classe ? Animation des activités ?
 - Durée des interventions : journée ou demi journées ?
3. Thème 3 : évaluation des compétences acquises par les enfants
- Comment observez-vous (ou pourriez-vous observer) la progression des élèves ?
 - Quelles traces en classe ?
 - Un portfolio numérique des réalisations des élèves ?
 - Quels observables ? quels indicateurs de progression ? quels éléments seraient à ajouter ou supprimer dans le plan d'études ?
4. Thème 4 et 5 motivation: perspectives et besoins
- Quels sont vos projets pour la suite, qu'est-ce que vous trouvez le plus motivant ? l'idée d'une nouvelle discipline ? l'apport de nouveaux outils ? un contenu transversal ? la dynamique de classe ? en quoi cette approche en classe pourrait modifier vos pratiques ?
 - (Quels freins) de quoi auriez-vous besoin pour mener à bien / poursuivre / développer ces activités- Quels pourraient être les freins ?comment pourriez-vous pallier aux besoins matériels ou humains ? quelles propositions , quelles modalités ?
5. Thème 6 représentations liées au nouveau domaine de science informatique :
- Quels sont pour vous les arguments les plus pertinents pour expliquer l'intérêt de la science informatique aux élèves ? aux pairs ? aux parents ?
 - Que vous voyez-vous différemment maintenant?
 - Comment envisagez-vous la pensée computationnelle en cycle 1 ?
6. Thème 7 collaboration :
- Quels apports principaux de la collaboration avec les directeurs
 - Quels apports principaux de la collaboration avec collègues
 - Quels apports principaux de la collaboration avec personnes ressources
 - Qu'est-ce qui pourrait être amélioré au niveau de la collaboration ? avec qui ? quels rôles ? quelle communication ? collaborer avec d'autres établissements, accéder à un réseau de pairs en ligne ?

C.6 Questionnaires aux Futurs Enseignant·e·s de 5-6P - Mai 2019

Ce questionnaire, effectué par Felipe Martinez dans le cadre de son stage au centre LEARN de l'EPFL, a été adressé aux enseignant·e·s de 5-6P avant le début du pilote cycle 2.

1. Pensez-vous que le numérique peine à s'intégrer à l'école obligatoire?
2. Si oui, quelles seraient la ou les raisons?
3. A quelle fréquence avez-vous eu l'occasion d'échanger avec vos collègues du cycle 1 au sujet de la formation pilote qu'ils ont suivie?

Représentations : Science Informatique

4. Cochez la proposition qui vous paraît la plus appropriée pour désigner la "science informatique":
 - a. Utilisation adéquate et précise des différents outils numériques.
 - b. Etude de concepts scientifiques variés grâce aux nouvelles technologies.
 - c. Science au même titre que les sciences de la nature.
 - d. Analyse des comportements humains pour produire des logiciels adaptés à leurs besoins.
5. Cochez la proposition qui vous paraît la plus appropriée pour désigner la "pensée informatique".
 - a. Employer des logiciels de traitement de texte ou de présentation pour développer sa pensée.
 - b. Faire preuve d'esprit critique face aux fausses informations qui circulent sur Internet.
 - c. Résoudre des problèmes de façon effective et efficiente avec ou sans l'assistance d'un ordinateur.
 - d. Utiliser judicieusement l'informatique et la robotique dans notre vie quotidienne.

Représentations

6. D'après vous, quelles sont le ou les domaines les plus adaptés pour utiliser la « pensée informatique » en classe?
 - a. Arts
 - b. Connaissance de l'environnement (CE) Corps et mouvement
 - c. Langues
 - d. Mathématiques
7. Exercez votre pensée informatique: Quelles sont les actions qu'un élève devra plus (++) ou moins (-) mobiliser pour réaliser cet exercice? "Aline a reçu pour son anniversaire un robot qui marche seul si on le programme. Il ne peut effectuer que deux mouvements, toujours en ligne droite. A : avance de 12 pas, R : recule de 4 pas- Aline aimerait que son robot traverse la table de la salle à manger d'un bord à l'autre exactement. Cette table est longue de 40 pas. Note tous les ordres qu'Aline doit donner au robot. "

Compétences proposées : Collecter des données, Analyser des données, Représenter des données, Faire preuve d'abstraction, Automatiser grâce à des outils externes, Définir et utiliser une série d'étapes, Décomposer un problème Simuler et reconstituer

8. Exercez votre pensée informatique: Quelles sont les actions qu'un élève devra plus (++) ou moins (- -) mobiliser pour réaliser cet exercice? "Le schéma présente les changements dans la vie d'une carotte au fil des saisons, au cours d'une période de deux ans. Décrivez-les."
Compétences proposées : Collecter des données, Analyser des données, Représenter des données, Faire preuve d'abstraction, Automatiser grâce à des outils externes, Définir et utiliser une série d'étapes, Décomposer un problème, Simuler et reconstituer
9. Choisissez les 3 compétences qui vous semblent les plus importantes pour la scolarité de vos élèves :
 - a. La collaboration
 - b. La résolution de problèmes La pensée informatique
 - c. La créativité
 - d. La pensée critique
10. Quel "type" d'évaluation vous paraît utile pour évaluer vos élèves en "Science informatique"?
 - a. Formative
 - b. Sommative
 - c. Certificative (attestation)
 - d. Aucune
11. Quel "support" vous paraîtrait le plus approprié pour évaluer vos élèves en "Science Informatique"?
 - a. Portfolio
 - b. Test écrit
 - c. Carnet de compétence
 - d. Autre
12. Quelle "modalité" vous paraîtrait la plus appropriée pour évaluer vos élèves en "Science informatique"?
 - a. L'enseignant évalue ses élèves
 - b. Les élèves s'évaluent entre eux (co-évaluation) L'élève s'évalue lui-même (auto-évaluation)
 - c. Autre

Attitude Face à la Formation Pilote

13. Evaluer sur une échelle de 1-4 (avec la possibilité de répondre Je ne sais pas) si je suis intéressé(e)...
 - a. par le pilier 1: Science informatique
 - b. par le pilier 2: Littérature numérique
 - c. par le pilier 3: Education aux médias
14. Sélectionnez votre degré d'accord par rapport aux phrases proposées
 - a. Je vais enrichir mon enseignement grâce à la formation pilote.
 - b. Cette formation permettra à mes élèves de mieux comprendre le monde.
 - c. Je crains que cette formation me fasse perdre du temps dans mon programme.

- d. Je suis perplexe quant à l'intégration d'élèves à fortes difficultés d'apprentissage dans des projets numériques.
- e. La collaboration entre collègues est utile pour une formation réussie. Je me sens stressé(e) lorsque j'utilise du matériel informatique en classe.
- f. Je me sens serein(e) à l'idée d'expliquer aux parents d'élèves ce qu'est l'éducation numérique.

Compétences réelles et sentiment d'efficacité

- 15. Quelles sont vos compétences par rapport aux outils numériques ?
 - a. Je sais comment résoudre les problèmes technologiques auxquels je suis confronté-e
 - b. J'arrive facilement à apprendre à utiliser des outils numériques
 - c. Je me tiens informé-e de toutes dernières technologies
 - d. Je passe souvent du temps à découvrir et à tester de nouveaux outils numériques Je connais beaucoup d'outils numériques différents
 - e. Je sais où chercher de l'information sur le numérique pour résoudre un problème
- 16. Vous vous sentez capable ...
 - a. de vous former seul-e à l'utilisation de technologies qui vous sont peu familières
 - b. de surmonter les éventuels problèmes techniques qui peuvent se poser avec les outils numériques
 - c. d'aider les élèves qui ont des difficultés avec les outils numériques
 - d. d'utiliser un vocabulaire approprié lorsque vous utilisez des ordinateurs avec vos élèves
 - e. d'évaluer la qualité de logiciels utilisés à des fins d'enseignement et d'apprentissage
 - f. de former vos élèves aux médias et à l'information d'évaluer la fiabilité d'une information disponible en ligne de trouver des solutions originales pour enseigner efficacement avec les outils numériques
 - g. de mener des projets intégrant les outils numériques
 - h. de développer l'esprit critique de mes élèves
- 17. évaluez votre niveau de compétences numériques ainsi que celui de vos élèves sur une échelle de 1 à 10: Moi, Mes élèves

Profil

- 18. Genre
- 19. Tranche d'âge
- 20. Degré d'enseignement principal en 2019-2020
- 21. Fonctions particulières occupées dans l'établissement (Personne ressource, doyen, directeur, aucun)
- 22. Formations disposées
- 23. Année d'enseignement

D Questionnaires Directeurs

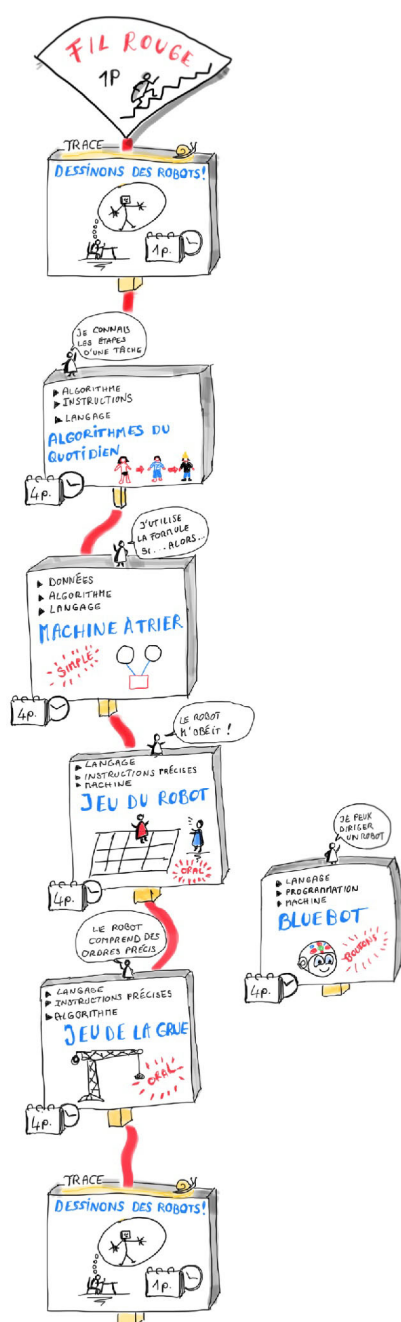
D.1 Suite Aux Journées de Présentation du Projet - Août 2018

- Je suis très au clair sur les objectifs du projet - Pas du tout d'accord Je suis très au clair sur les objectifs du projet - Pas d'accord
- Je suis très au clair sur les objectifs du projet - Assez d'accord Je suis très au clair sur les objectifs du projet - Entièrement d'accord Je suis très au clair sur le déroulement du projet - Pas du tout d'accord
- Je suis très au clair sur le déroulement du projet - Pas d'accord Je suis très au clair sur le déroulement du projet - Assez d'accord Je suis très au clair sur le déroulement du projet - Entièrement d'accord
- Le timing pour réaliser le projet est correct - Pas du tout d'accord - Pas d'accord - Assez d'accord - Entièrement d'accord
- La séance du 4 juillet m'a permis de mieux comprendre le déroulement du projet - Pas du tout d'accord - Pas d'accord - Assez d'accord - Entièrement d'accord
- La séance du 4 juillet m'a permis de mieux comprendre ce qu'on attend des enseignant·e-s - Pas du tout d'accord - Pas d'accord - Assez d'accord - Entièrement d'accord
- J'ai une bonne maîtrise de la science informatique - Pas du tout d'accord J'ai une bonne maîtrise de la science informatique - Pas du tout d'accord - Pas d'accord - Assez d'accord - Entièrement d'accord
- J'ai bien saisi la différence entre le premier pilier (science informatique) et les deux autres piliers (utilisation de l'informatique et média) - Pas du tout d'accord - Pas d'accord - Assez d'accord - Entièrement d'accord
- Mon établissement dispose d'au moins une personne ressource qui a de bonnes connaissances en science informatique (distinct des média et l'utilisation de l'informatique) - Pas du tout d'accord - Pas d'accord - Assez d'accord - Entièrement d'accord
- Cette initiative du canton, tant du point de vue du projet d'établissement que de l'introduction de la science informatique, me plaît beaucoup! - Pas du tout d'accord - Pas d'accord - Assez d'accord - Entièrement d'accord
- Nombre d'enseignant·e-s déjà acquis à l'enseignement de la science informatique
- Nombre d'enseignant·e-s qui se laisseront convaincre par l'enseignement de la science informatique
- Nombre d'enseignant·e-s qui seront réticents à l'enseignement de la science informatique

E Proposition de Progression Cycle 1

Ce chapitre résume les propositions de progression effectuées par les personnes ressources en Mai 2019 suite à la dernière journée de formation enseignante. Celles-ci doivent encore être évaluées par les différentes équipes et soumises à validation.

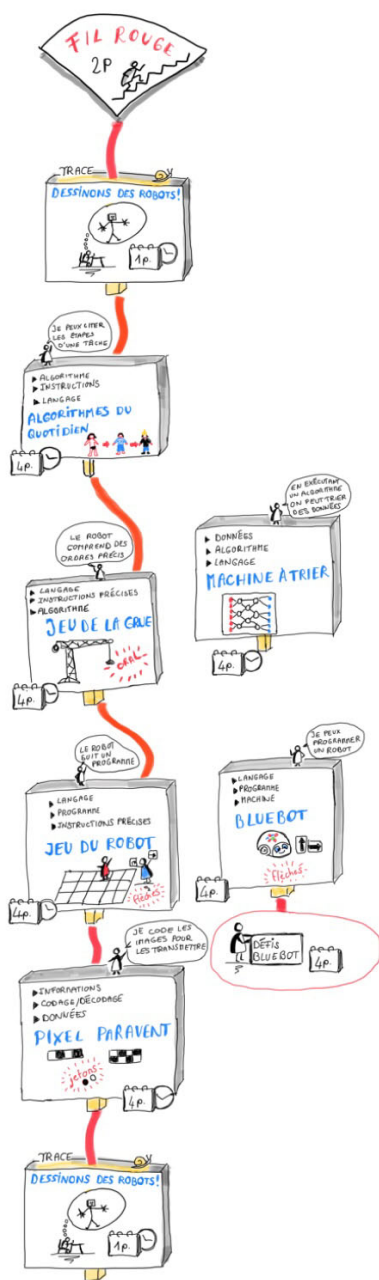
Progression des apprentissages en science informatique pour le Cycle 1



Fil rouge 1P			
Thématique	Apprentissage	Activité	Nombre de périodes
Machine	Utilisation d'une terminologie appropriée pour identifier, nommer et décrire les principaux composants externes	DESSINONS DES ROBOTS L'élève dessine plusieurs robots sans modèle, puis présente son dessin. Cette activité permet de faire émerger sa représentation des machines en amont des activités	1
Algorithmique	Découverte de la notion d'algorithme notamment avec des activités du quotidien de la classe ou de l'élève (rituels, tri...)	ALGORITHMES DU QUOTIDIEN L'élève repère les différentes étapes nécessaires pour réaliser une tâche et les exécute dans l'ordre	4
		MACHINE À TRIER Les élèves exécutent collectivement un algorithme de tri en manipulant physiquement des données	4
Algorithmique et programmation	Exécution et création d'une suite d'instructions simples pour déplacer ou faire agir une personne	JEU DU ROBOT L'élève donne des instructions précises à un autre élève qui simule un automate, pour résoudre des problèmes simples	4
Algorithmique et programmation	Création d'une suite d'instructions simples pour déplacer ou faire agir un objet	BLUEBOT Les élèves découvrent en petits groupes un automate et lui transmettent des instructions grâce aux touches sur son dos	4
Machine	Utilisation d'une terminologie appropriée pour identifier, nommer et décrire les principaux composants externes		
Algorithmique et programmation	Exécution et création d'une suite d'instructions simples pour déplacer ou faire agir un objet	JEU DE LA GRUE L'élève donne des instructions précises à un autre élève qui simule un automate	4
Machine	Utilisation d'une terminologie appropriée pour identifier, nommer et décrire les principaux composants externes	DESSINONS DES ROBOTS L'élève dessine plusieurs robots sans modèles, puis présente son dessin. Cette activité permet de faire émerger sa représentation des machines suite aux expérimentations	1

Figure 40: Récapitulation des Propositions de Progression Pour 1P Réalisées par les Personnes Ressources Effectuée par l'Equipe EPFL avec Illustrations Réalisés par Nathalie Jaccard

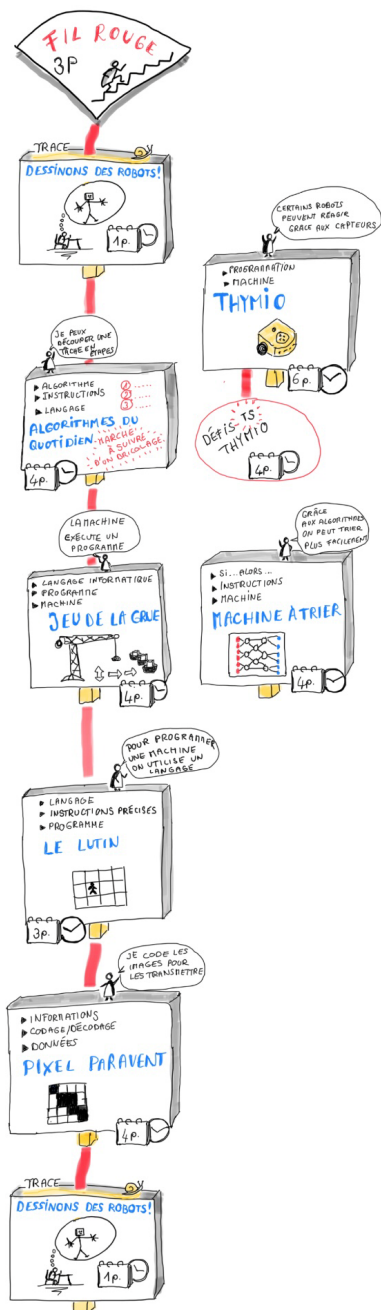
Cycle 1 programmation des apprentissages - juin 2019



Fil rouge 2P			
Thématique	Apprentissage	Activité	Nombre de périodes
Machine	Utilisation d'une terminologie appropriée pour identifier, nommer et décrire les principaux composants externes	DESSINONS DES ROBOTS L'élève dessine plusieurs robots sans modèles, puis présente son dessin. Cette activité permet de faire émerger sa représentation des machines	1
Algorithmique	Découverte de la notion d'algorithme notamment avec des activités du quotidien de la classe ou de l'élève (rituels, tri,...)	ALGORITHMES DU QUOTIDIEN L'élève repère les différentes étapes nécessaires pour réaliser une tâche et les exécute dans l'ordre	4
		MACHINE À TRIER Les élèves exécutent collectivement un algorithme de tri en manipulant physiquement des données	4
Algorithmique	Utilisation et création de langages précis, communs et négociés pour transmettre des instructions	JEU DE LA GRUE L'élève donne des instructions précises à un autre élève qui simule un automate	4
Algorithmique et programmation	Exécution et création d'une suite d'instructions simples pour déplacer ou faire agir un objet, une personne	JEU DU ROBOT L'élève donne des instructions précises à un autre élève qui simule un automate, pour résoudre des problèmes simples	4
Algorithmique et programmation	Création d'une suite d'instructions simples pour déplacer ou faire agir un objet	BLUEBOT L'élève crée un programme fléché pour que l'automate l'exécute et réalise la tâche	4
Machines	Utilisation d'une terminologie appropriée pour identifier, nommer et décrire les principaux composants externes		
Information et données	Représentation d'une image en noir et blanc avec des symboles (pixels)	PIXEL PARAVENT L'élève code l'image avec des jetons afin de la transmettre à un autre élève qui la décode.	4
Machine	Utilisation d'une terminologie appropriée pour identifier, nommer et décrire les principaux composants	DESSINONS DES ROBOTS L'élève dessine plusieurs robots sans modèles, puis présente son dessin. Cette activité permet de faire émerger sa représentation des machines	1

Figure 41: Récapitulation des Propositions de Progression Pour 2P Réalisées par les Personnes Ressources Effectuée par l'Equipe EPFL avec Illustrations Réalisés par Nathalie Jaccard

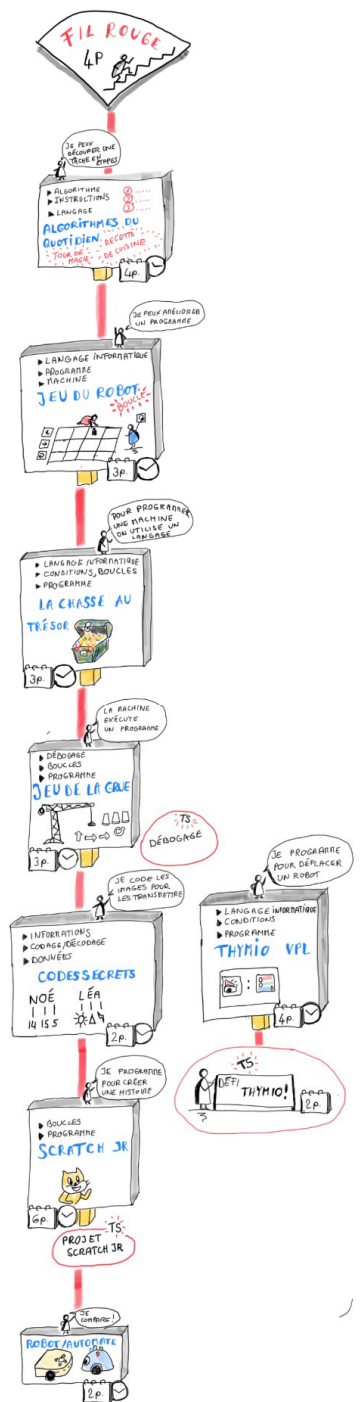
Cycle 1 programmation des apprentissages - juin 2019



Fil rouge 3P			
Thématique	Apprentissage	Activité	Nb. de périodes
Machine	Utilisation d'une terminologie appropriée pour identifier, nommer et décrire les principaux composants externes	DESSINONS DES ROBOTS L'élève dessine plusieurs robots sans modèles, puis présente son dessin. Cette activité permet de faire émerger ses représentations et ses connaissances.	1
Machine	Expérimentation de comportements préprogrammés de robots	THYMIO Les élèves découvrent en petits groupes les comportements du robot et lui font exécuter des tâches	10
Informatique et société	Comparaison entre l'humain et le robot		
Algorithmique	Découverte de la notion d'algorithme notamment avec des activités du quotidien de la classe ou de l'élève (rituels, tri...)	ALGORITHMES DU QUOTIDIEN L'élève repère les différentes étapes nécessaires pour réaliser une tâche et les fait exécuter par un autre élève-automate en utilisant un langage précis	4
		MACHINE À TRIER Les élèves exécutent collectivement un algorithme de tri en manipulant physiquement des données	4
Algorithmique et programmation	Utilisation et création de langages précis, communs et négociés pour transmettre des instructions	JEU DE LA GRUE L'élève crée un programme simple qu'un autre élève, simulant un automate, exécute	4
Algorithmique et programmation	Exécution et création d'une suite d'instructions simples pour déplacer ou faire agir un objet, une personne	LE LUTIN L'élève donne des instructions précises à un autre élève qui va déplacer un lutin sur une grille L'élève crée un programme pour transmettre par écrit ses instructions	3
Information et données	Représentation d'une image en noir et blanc avec des symboles (pixels)	PIXEL PARAVENT L'élève code l'image avec des jetons afin de la transmettre à un autre élève qui la décode.	4
Machine	Utilisation d'une terminologie appropriée pour identifier, nommer et décrire les principaux composants externes	DESSINONS DES ROBOTS La reprise de cette activité permettra l'observation de l'évolution de la représentation des machines et de l'acquisition d'un vocabulaire approprié	1

Figure 42: Récapitulation des Propositions de Progression Pour 3P Réalisées par les Personnes Ressources Effectuée par l'Equipe EPFL avec Illustrations Réalisés par Nathalie Jaccard

Cycle 1 programmation des apprentissages - juin 2019



Fil rouge 4P			
Thématique	Apprentissage	Activité	Nb. de périodes
Algorithmique	Découverte de la notion d'algorithme notamment avec des activités du quotidien de la classe ou de l'élève (rituels, tri...)	ALGORITHMES DU QUOTIDIEN L'élève repère les différentes étapes nécessaires pour réaliser une tâche et les fait exécuter par un autre élève-automate en utilisant un langage précis.	4
Algorithmique et programmation	Utilisation et création de langages précis, communs et négociés pour transmettre des instructions	JEU DU ROBOT L'élève crée un programme pour déplacer un personnage sur une grille	3
	Exécution et création d'une suite d'instructions plus complexes (boucles, conditions) pour déplacer, faire agir un objet réel	LA CHASSE AUX TRÉSORS L'élève crée un programme avec des instructions conditionnelles pour permettre à un lutin d'ouvrir les coffres à trésor	3
	Amélioration de programmes (boucles) Correction de programmes (débugage)	JEU DE LA GRUE L'élève repère les bugs dans un programme et le corrige afin qu'un autre élève, simulant un automate, puisse exécuter la tâche	3
Information et données	Représentation d'un message en utilisant des symboles (nombres, pictogrammes)	CODES SECRETS L'élève code des mots avec des symboles afin de les transmettre à un autre élève qui les décode.	2
Algorithmique et programmation	Exécution et création d'une suite d'instructions plus complexes pour déplacer, faire agir un objet réel Programmation d'un robot avec une application dédiée	THYMIO VPL Les élèves en petits groupes créent un programme pour réaliser une tâche	6
Algorithmique et programmation	Programmation d'un personnage virtuel avec une application dédiée Utilisation de boucles pour améliorer un programme	SCRATCH JUNIOR Les élèves en petits groupes créent un programme pour raconter une histoire	6
Machine	Utilisation d'une terminologie appropriée pour identifier, nommer et décrire les différents composants externes	ROBOT / AUTOMATE L'élève compare deux machines, décrit leurs ressemblances et leurs différences en utilisant un vocabulaire approprié	2

Figure 43: Récapitulation des Propositions de Progression Pour 4P Réalisées par les Personnes Ressources Effectuée par l'Equipe EPFL avec Illustrations Réalisés par Nathalie Jaccard

F Proposition de Modalité d'Évaluation Par Profils

Table 11: Proposition de Modalité d'Évaluation des Elèves Selon un Modèle de Profils.

Dans la mesure où les attentes fondamentales sont attendues en fin de cycle, il n'est pas surprenant que l'élève n'atteigne pas le dernier profil avant la fin du cycle. L'usage des dates est donc important afin d'identifier la progression de l'élève.

Attentes fondamentales	Profil 1	Profil 2	Profil 3
Exécuter et créer un algorithme simple	- L'élève respecte le langage et les instructions données pour exécuter un algorithme (ex: Jacques a dit).	- L'élève anticipe le déplacement d'un objet ou de lui-même pour atteindre le but donné.	- L'élève expérimente et comprend les instructions conditionnelles (si alors).
	- L'élève déplace pas à pas un objet ou se déplace lui-même en tenant compte des instructions données.	- L'élève fait exécuter un algorithme à une machine en la programmant.	- L'élève utilise le mot "algorithme" pour désigner la suite de règles qu'il exécute/crée pour résoudre un problème donné.
		- L'élève expérimente et comprend la structure en boucle.	- L'élève exprime les liens qu'il perçoit entre algorithme, langage et machine.
			- L'élève programme la machine en utilisant un logiciel de programmation visuelle.
Encoder et décoder des données simples pour représenter et transmettre de l'information	- L'élève fait le lien entre des symboles de son entourage et leurs significations.	- L'élève utilise des symboles formalisant un langage et posant des règles.	- L'élève propose des symboles pour formaliser un langage et poser des règles/instructions.
		- L'élève transpose une information en symboles pour la transmettre selon les règles/instructions établies par un tiers.	- L'élève transpose une information en symbole pour la transmettre selon les règles/instructions qu'il a lui-même établies.
		- L'élève transpose des symboles en une information pour la transmettre selon les règles/instructions établies par un tiers.	- L'élève transpose des symboles en une information pour la transmettre selon les règles/instructions qu'il a lui-même établies.
Reconnaître les principaux composants d'une machine	- L'élève identifie les différences de comportements d'une machine.	- L'élève identifie des différences entre deux machines dans leur fonctionnement.	- L'élève nomme des composants d'une machine et en décrit les fonctions.
	- L'élève compare son interaction au monde avec celle d'un robot (par ex. sens vs capteur)	- L'élève interagit avec le robot et son environnement (programmation tangible).	- L'élève crée un parcours scénario d'actions (déplacement, comportement, ...) en fonction des caractéristiques connues du robot pour agir sur lui (programmation tangible ou visuelle).
		- L'élève prend conscience des liens entre différentes machines (par ex. ordi-imprimante).	- L'élève suit un protocole de transmission de message entre machines.

G Proposition de Cahier des Charges

G.1 Personnes Ressources

Table 12: Proposition de Cahiers des Charges Pour les Personnes Ressources Avec Deux Profils Complémentaires qui Accompagnent l'Agent Technique Informatique

	Profil Admin ou Répondant	Profil Accompagnateur 1-6 ou 7-11
Collaborer	Gestion matérielle et planification des achats	Gestion matérielle pour les équipes
	Répondre aux demandes du RI, du CIPEO et de l'agent technique informatique	Répondre aux demandes de l'admin., du CIPEO et de l'agent technique informatique
	Proposer un plan d'action en fonction du schéma directeur Ecole et Informatique	Aide à la répartition annuelle des ressources
	Bilan des activités	
	Renseigner les autorités communales en charge des investissements	
	Liens avec la CELLCips	
Prélever	Connaitre les offres de formation	
	Participer à des formations continues ou des conférences pour une veille numérique	
	Encourager l'usage du numérique pour l'analyse des résultats des élèves et les différenciations pédagogiques	Organiser et promouvoir le parcours numérique de l'élève
	Mener une veille numérique	Déterminer les besoins matériels
	Formuler des propositions selon des observations menées dans l'EPS	Déterminer les besoins de formation
Diffuser	Suivi et bilan	Organiser des séances d'échanges de pratiques, au cours des CM ou sous forme d'ateliers libres)
	Gestion du site web de l'école	Aide à la mise en ligne des activités sur le site de l'école
	Rendre visible son travail et celui de ses collègues.	
	Etablir le bilan de son plan d'action et en tirer un rapport d'activité.	
	Participer à des rencontres régionales (1/trim.)	
	Présenter la charte cantonale aux parents	
	Présenter les applications spécialisées aux équipes d'aide et aux enseignant-e-s	
Accompagner	Participer au déploiement et à la prise en main des outils cantonaux	Impulser des projets pédagogiques intégrant l'usage des outils numériques, aide à leur conception
	Rédaction et suivi des chartes éthiques	Aide à la construction de séquences
		Aide à la mise en oeuvre en classe
		Aide à la mise en place de matériels spécialisés pour l'inclusion de tous les élèves
		Vigilance éthique, appui sur les questions juridiques
		Adopter une posture adéquate pour accompagner un collègue : prévention, confiance., régulations
	Participer à un dispositif de formation ou d'échanges de pratiques avec ou sans aide externe	

G.2 Agent Technique Informatique

Table 13: Profile de l'Agent Technique Informatique en Complément aux Cahiers des Charges des Deux Profils de Personnes Ressources

	Direction	Enseignant·e·s	Autres
Collaborer	Proposer un plan d'action	Gestion et maintenance matérielle	Répondre aux demandes du RI et du CIPEO
	Rapport d'activité	Gérer les interventions pour les classes	Effectuer les mises à jour
	Rapport des incidents et des besoins		
	Gestion matérielle		
Prélever	Gérer l'inventaire des machines et consommables		Remonter sous couvert du directeur les besoins à la DCEO
Diffuser	Suivi et bilan	Participer si nécessaire à la diffusion des bonnes pratiques matérielle	Participer à des rencontres régionales (1/trim.)
		Rédiger des tutoriels	
Accompagner	Maintenance des sites d'école		