



Créativité, pensée informatique et robotique, quels processus mis en œuvre par les élèves ?

Sophie Allain

► To cite this version:

Sophie Allain. Créativité, pensée informatique et robotique, quels processus mis en œuvre par les élèves ? : Étude des processus mobilisés par les élèves pour résoudre, de manière créative et collaborative, une situation-problème utilisant des robots pédagogiques. Education. 2019. hal-02325425

HAL Id: hal-02325425

<https://univ-fcomte.hal.science/hal-02325425>

Submitted on 22 Oct 2019

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Créativité, pensée informatique et robotique : quels processus mis en œuvre par les élèves ?

ÉTUDE DES PROCESSUS MOBILISÉS PAR LES ÉLÈVES POUR
RÉSoudre, DE MANIÈRE CRÉATIVE ET COLLABORATIVE,
UNE SITUATION-PROBLÈME UTILISANT DES ROBOTS
PÉDAGOGIQUES.

Mémoire présenté pour l'obtention du
*Master Pratiques et ingénierie de la formation :
parcours recherche en éducation*

par

Sophie Allain

Sous la direction de Christophe Reffay, maître de conférences
à l'université de Franche-Comté

2018 - 2019

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Christophe Reffay pour son accompagnement et les conseils apportés sur ce sujet de recherche polymorphe. Les échanges que nous avons eus m'ont permis d'avancer dans ma réflexion.

J'adresse mes sincères remerciements aux enseignantes de l'école Saint-Jean de Besançon, Céline Romming et Marie-Agnès Devys pour l'accueil chaleureux qu'elles m'ont réservé dans leur classe, leur grande disponibilité et la confiance qu'elles m'ont accordée. Un grand merci également à leurs élèves pour leur enthousiasme et leur engagement dans les activités.

Je tiens à remercier Branka Rupic de l'ESPE de Besançon pour son aide précieuse lors des séances en classe Laboratoire ainsi que l'ensemble de l'équipe enseignante de l'ESPE de Franche-Comté pour les apports en matière de recherche et d'ingénierie pédagogique. Un merci particulier à Pascale Delacroix qui rassure et fait preuve, sur l'ensemble du cursus, d'une grande disponibilité pour ses « étudiants du samedi ».

Je remercie également Laurent Tainturier et Nadine Rayssac, de la direction territoriale académies de Besançon et Dijon de Réseau Canopé, pour leur soutien et leurs encouragements.

Enfin, un immense merci à Bertrand Formet de m'avoir permis de mener à bien cette recherche et de me pousser à me questionner ainsi qu'à Corinne Bernardeau pour la relecture consciencieuse de ce mémoire.

Sans oublier ma famille qui m'a soutenue et encouragée, me permettant de relever ce défi.

<i>Créativité, pensée informatique et robotique : quels processus mis en œuvre par les élèves ?</i>	0
La créativité en question	5
Les enjeux de la créativité	5
Une terminologie à déterminer.....	6
Les processus créatifs	10
Du co-design à l'école ?	12
Les techniques créatives transférables à une activité pédagogique.....	14
La collaboration	15
Quelle situation didactique ?.....	16
Le Feedback de l'enseignant en question	18
Le numérique au service de la créativité	21
Usages du numérique propices à la créativité	21
La robotique pédagogique	22
Histoire de la robotique pédagogique.....	23
Atouts de la robotique pédagogique.....	26
La robotique « micro-mondes » ou la robotique « maker »	27
Défis « technocratifs » et pensée informatique	29
Contexte et problématique	32
Après le projet « Quidditch »	32
Problématique	35
Scénario pédagogique	37
Calendrier des séances	38
Phase d'inspiration	39
Phase d'idéation	41
Phase de prototypage.....	44
Phase de test	45

Méthodologie	46
Recueil de données	47
Observation et captations audio/vidéo.....	47
Productions des élèves	50
Entretiens d'autoconfrontation	50
Sondage	52
Méthode d'analyse.....	55
Analyse et résultats.....	55
Le potentiel créatif du groupe.....	55
Analyse des microprocessus.....	56
Créativité et travail de groupe.....	61
La trace écrite	65
Impact des espaces scolaires	67
La place du numérique dans le projet créatif.....	70
Le numérique partie intégrante du projet	70
Robots et pensée informatique.....	73
Bilan.....	77
Conclusion	79
Références	81
Annexes	85

La créativité occupe depuis quelques années une place prépondérante dans le discours médiatique qui la valorise. Plus qu'un simple effet de mode, elle constitue un défi à relever pour la société et le milieu éducatif. Elle semble désormais incontournable d'un point de vue sociétal et économique comme un élément clé de notre compétitivité ou comme vecteur de solutions nouvelles pour l'avenir. Les métiers de demain et les compétences clés requises pour le futur semblent liés plus qu'auparavant à la capacité à prendre des risques, à collaborer et à être créatif.

Longtemps vue comme un don ou une forme d'intelligence réservée à une élite, la créativité s'est démocratisée en étant considérée désormais comme une capacité pouvant être développée par tous. Partant de ce postulat, l'éducation doit jouer un rôle dans son développement. Il ne s'agit plus d'encourager un potentiel créatif élevé chez quelques individus mais d'amener tous les élèves à développer, par une approche collaborative, leur créativité en lien avec les nouvelles technologies.

Dans cette étude, nous explorerons la mise en situation d'un scénario pédagogique reprenant des éléments constitutifs d'une pédagogie de la créativité selon une « approche multivariée » (Lubart, 2005). Cette approche pose comme hypothèse que la créativité est le produit de l'interaction entre des composantes multiples (cognitives, conatives, liées au contexte). Les modalités de recherche multiples permettront de questionner, sous cet angle, la créativité en milieu éducatif. Les processus créatifs (*micro* et *macroprocessus*) mis en œuvre par les élèves seront étudiés en articulation avec les compétences propres à la pensée informatique également convoquées dans ce projet. Les robots pédagogiques permettront ainsi de lier cette recherche avec les défis *technocratifs*. Il ne s'agit pas ici d'évaluer la capacité créative des élèves mais de tenter de percevoir l'impact des configurations didactiques et pédagogiques sur la créativité des élèves. Nous étudierons, dans cette optique, leur capacité à résoudre des problèmes en utilisant des artefacts numériques.

La créativité en question

Les enjeux de la créativité

La créativité est identifiée depuis une quinzaine d'années comme un des enjeux de société pour former des citoyens et travailleurs du XXI^e siècle. Selon Taddei, la créativité est une capacité nécessaire à la réussite personnelle et professionnelle pour faire face aux défis de la société moderne. Citée parmi les 4C (Créativité, pensée Critique, Collaboration et Communication), la créativité doit, pour le chercheur, être développée à l'école pour pouvoir répondre aux enjeux de demain.

(...) la créativité, l'initiative et la prise de risques devraient être encouragées en formant les enfants d'aujourd'hui à devenir des constructeurs de savoirs créatifs et collaboratifs, c'est-à-dire capables de renouveler régulièrement leurs connaissances et de les utiliser de façon productive dans leur vie sociale et professionnelle. (Taddei, 2009, p. 2)

Après avoir été cantonnée aux domaines artistiques et considérée comme inaccessible au commun des mortels, la créativité se détache de ces représentations pour gagner en légitimité. La perception qu'en a la société a évolué et les champs de recherche se sont élargis et complexifiés. Étudiée scientifiquement ou de manière empirique dans l'éducation et l'entreprise, la créativité focalise de plus en plus l'attention et s'enrichit de nouvelles contributions.

Dès les années 1950, Guilford puis Torrance, psychologues, s'intéressent à la créativité en étudiant les opérations intellectuelles lors de l'acte créatif avec une approche cognitive. Ils étudient, à l'aide de tests, la capacité à trouver un grand nombre d'idées à partir de stimuli verbaux ou visuels. Des recherches expérimentales et des études de cas vont poursuivre, dans les années suivantes, l'exploration de l'acte créatif en intégrant une approche sociopsychologique qui tient compte de variables individuelles mais également de l'environnement socioculturel. Les dernières recherches en neurosciences apportent elles-aussi leur contribution à la réflexion sur les mécanismes de la créativité en s'intéressant au réseau cérébral dans lequel, notamment, l'imagination ou le contrôle des émotions trouvent leurs racines.

Ces approches théoriques multiples et le flou terminologique qui entoure la créativité ne permettent pas toujours d'en distinguer clairement les contours.

Il convient donc de déterminer des éléments précis pour poser une définition, afin d'éviter des confusions avec des termes proches tels que l'imagination, l'inspiration, l'invention, l'activité créatrice. Il s'agit également de préciser les ancrages théoriques qui ont orienté les pistes de recherche et sur lesquels je me suis appuyée pour mener cette étude.

Une terminologie à déterminer

Le flou terminologique qui entoure la notion de créativité peut entraîner des confusions et gêner les recherches qu'on lui consacre. Il est important de préciser cette terminologie en distinguant ce terme d'autres termes proches tels que l'imagination, l'inspiration, l'invention... On entend par créativité dans cette étude, un processus créatif étudié sous l'angle de la psychologie, et « la capacité à réaliser une production qui soit à la fois nouvelle et adaptée au contexte dans lequel elle se manifeste » (Lubart, 2015, p. 23).

Le concept de créativité prend différentes facettes selon les ancrages scientifiques auxquels il est rattaché. Toutefois, malgré des approches multiples, un certain nombre de caractéristiques de la créativité font consensus. Craft a analysé les recherches qui se sont intéressées à la créativité dans l'éducation depuis le début des années 1990 et a dégagé des éléments communs :

La créativité concerne toute la vie et non pas la seule période de la jeunesse ; elle est démocratique et indexée par le type de culture et de valeurs, plus ou moins favorables, de chaque société ; elle n'est pas mesurable par des outils habituels tels que des tests d'intelligence (Craft, 2003, p. 113 à 127).

Même si le concept de créativité est encore parfois galvaudé ou chargé de représentations erronées, celui-ci se précise et se dégage des mythes liés à l'histoire et à la perception que la société en a eue. On abandonne peu à peu une vision élitiste de la créativité considérée comme un don que seuls certains possèderaient. Robinson écarte l'idée d'« être doué pour... » lui préférant « être capable de... » pour définir la créativité. Il rappelle dans son entretien avec Taddei,

en 2014 que la créativité n'est pas innée, qu'elle peut être favorisée, encouragée et qu'elle n'est pas une capacité unique mais un faisceau de capacités et de processus que nous devons travailler.

Il est important de distinguer le concept de créativité de termes synonymiques auxquels il est souvent associé. Le terme communément employé en éducation est l'imagination ; souvent convoquée par les disciplines littéraires ou artistiques. Ce processus de pensée est défini par Vygotski (1930, éd. 2011 p. 171-172) comme la capacité à « construire une connaissance en l'absence d'une expérience sensible ». C'est d'ailleurs sur ce processus que les recherches en neurosciences apportent des contributions importantes en évoquant un réseau neuronal permettant de construire des simulations mentales (Dortier, 2010, cité par Aden sous la direction de Capron-Puozzo, 2016, p. 114). C'est le cas notamment en cours de français où l'imagination des élèves est souvent sollicitée. Dans certaines activités d'écriture ou d'oral, les élèves doivent s'approprier la langue française non pas seulement pour former des phrases correctes et utiliser le vocabulaire adéquat mais aussi pour exprimer leur singularité et toucher les lecteurs. L'imagination n'est pas synonyme de créativité même si ces deux termes sont très proches. Il s'agit d'être en capacité de trouver, nourrir et développer de nouvelles idées pour se représenter ce qui n'est pas sous nos yeux ou qui n'existe pas ou plus. L'imagination nous permet par exemple de nous représenter la vie au Moyen-âge ou sur Mars ! Le défi, pour un professeur de français, est de permettre aux élèves, tous riches d'idées, de pouvoir rendre concret, par les mots et en utilisant la langue française à bon escient, ce qu'ils ont imaginé. Un des sujets d'écriture du diplôme national du brevet des collèges s'intitule d'ailleurs « sujet d'imagination ». De la même manière, dans les disciplines artistiques, on amène l'élève à « exprimer sa sensibilité et son imagination en s'emparant des éléments du langage plastique » (Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015).

La créativité a cela de plus, selon la définition de Lubart, qu'elle se concrétise par une réalisation, une production nouvelle. Ce qui a été imaginé doit pouvoir être mis en mot, prendre forme grâce à une maquette, une représentation théâtrale ou autre production pour être nourri et partagé. Il définit la créativité comme « La capacité à réaliser une production qui soit à la fois nouvelle et adaptée au contexte dans lequel

elle se manifeste » (Lubart, 2015, p. 23). On attend donc d'une activité créative qu'elle se concrétise et se matérialise par une production ou une performance sans forcément dépendre de la qualité du résultat. La créativité est présente même si elle n'aboutit pas à une invention ou une innovation pour la société.

Les clés à retenir pour élaborer une définition, selon une approche essentiellement cognitive (et sociocognitive), sont donc la réalisation d'une production ainsi que la nouveauté. On retrouve cette notion dans de nombreuses définitions telles que celles de Sternberg et de Lubart : « La créativité suppose la nécessité ou le désir de générer de nouvelles solutions, de nouvelles idées ou de nouveaux comportements jusque-là inconnus. » (Sternberg, 1985 ; Lubart *et al.*, 2015, cités par Capron-Puozzo, 2016, p. 65) ainsi que chez Gardner : « L'esprit créatif innove. Il avance de nouvelles idées, pose des questions inhabituelles, invente de nouveaux modes de pensée, arrive à des réponses inattendues. » (Gardner, 2009, p. 11, cité par Capron-Puozzo, p. 17). Toutefois, il est important de préciser que la définition de la créativité ne se construit pas sur l'exigence d'une nouveauté universelle des découvertes réalisées. Ces découvertes et solutions peuvent être considérées comme nouvelles pour celui qui se trouve dans le processus créatif même si celles-ci ont déjà été abordées par d'autres précédemment.

Il est donc important pour l'école de favoriser le développement de la créativité en permettant aux enseignants et aux élèves d'être confrontés à une situation inédite, pour laquelle ils devront trouver des idées nouvelles. Pour cela, le cadre institutionnel doit offrir une certaine souplesse, permettant aux acteurs éducatifs d'aller vers cette recherche de la nouveauté. C'est ce que tendent à développer depuis 2005, les CARDIE (cellule académique recherche innovation et expérimentation) en encourageant des expérimentations innovantes.

Ce fut également le cas, de 2013 à 2017 du Conseil national de l'innovation pour la réussite éducative (Cniré) qui publia plusieurs rapports proposant des définitions de l'innovation pédagogique et des recommandations :

Action pédagogique caractérisée par l'attention soutenue portée aux élèves, au développement de leur bien-être, et à la qualité des apprentissages. [...] Prenant appui sur la **créativité** des personnels et de tous les élèves, une pratique innovante repose également sur une méthodologie de conduite du changement.

Le rapport de 2017 proposait notamment de « développer à l'échelle d'une classe une culture de l'innovation et de la créativité dans la formation des élèves ».

Enfin, la créativité peut être considérée comme un « processus de conception d'une solution jugée nouvelle, innovante et pertinente pour répondre à une situation-problème ». (Romero, Lille et Patiño, 2017, chap. 2.3)

On entend par situation-problème : « une situation qui fait problème » et qui incite l'élève à se mobiliser, à comprendre et à acquérir les savoirs qui lui permettront de résoudre ce problème. (Meirieu, 2014, p. 85-86, cité par Alexandre, 2017, p. 121)

C'est dans cette optique que toutes les disciplines et pas seulement les arts plastiques, la musique ou le français peuvent être concernées. Cette recherche de résolution d'une situation-problème peut s'apparenter à la démarche d'investigation des disciplines scientifiques ainsi qu'à la pensée informatique.

- La démarche d'investigation, dont la démarche hypothético-déductive est une modalité possible, amène l'élève à se questionner sur le monde réel en suivant une succession d'étapes pour répondre à une problématique.
- La pensée informatique implique d'appréhender le monde selon une approche particulière en s'appuyant sur un ensemble de compétences et d'attitudes reprenant des caractéristiques de la programmation informatique.

Cette approche sera développée dans un chapitre suivant.

Les processus étudiés et détaillés par les chercheurs permettent de mieux comprendre les différentes étapes de la créativité, notamment par des *micro* ou *macroprocessus*. Le projet de recherche dont traite ce mémoire s'est appuyé sur ces deux approches pour construire les séances et analyser les mécanismes mis en place par les élèves dans ces activités.

Les *macroprocessus* selon le modèle de Wallas (1926), permettent d'identifier les grandes étapes du processus créatif. Ces étapes au nombre de quatre (la préparation, l'incubation, l'illumination, la vérification) ont été déclinées de différentes manières selon les auteurs (Osborn, 1953 ou Treffinger, 1995 ; cités par Capron-Puozzo, 2016, p. 35-36) tout en suivant toujours cette logique : analyser le problème, générer des idées, évaluer les idées produites et les implémenter. Ces étapes ont été une base de travail intéressante pour construire les séances avec les enseignantes et s'imprégner de la démarche créative du design thinking. « Rolf Faste (1943-2003), l'un des pionniers du design thinking, (...) a créé un modèle de l'innovation en sept étapes : définir, rechercher, imaginer, prototyper, sélectionner, implémenter, apprendre (1993). » (Weinberg, 2015, p. 21). Selon les travaux de Rolf Faste, les sept étapes du *design thinking* sont donc les suivantes :

- Définir (identifier le problème à régler),
- Rechercher (collecter des exemples),
- Idéater (générer autant d'idées que possible),
- Prototyper (créer des maquettes, prototypes),
- Sélectionner (choisir une idée),
- Implémenter (mettre en place l'idée choisie),
- Apprendre (recevoir un feed-back et identifier les sources d'amélioration).

Ces étapes ont été réduites à cinq par Jeremy Gutshe (2009, p. 200) : *Define, Ideate, Synthesize, Prototype et Test*, se rapprochant des quatre étapes du modèle de Wallas originel. A partir de ces différents modèles, nous avons élaboré les étapes du projet en les adaptant à un contexte scolaire et les avons nommées :

- **Problématique** : comprendre la situation-problème et l'objectif à atteindre en identifiant les mots-clés
- **Inspiration** : s'inspirer de documents et procéder à des recherches pour nourrir l'inspiration
- **Idéation** : formuler un grand nombre d'idées
- **Prototypage** : choisir une des idées proposées et la concrétiser matériellement (réaliser une affiche, une maquette...)
- **Test** : tester l'idée choisie et la modifier selon les contraintes matérielles et les premières observations dans un processus itératif.

Si les *macroprocessus*, comme on l'a vu, permettent d'établir les étapes de la créativité, les *microprocessus* (Lubart, 2015) amènent davantage à une compréhension des mécanismes de la créativité. Selon Lubart, la pensée créative se manifeste à travers des *microprocessus* cognitifs tels que l'analogie, la divergence, la convergence. Les *microprocessus* observés par les chercheurs leur ont permis d'évaluer les capacités créatives des individus selon des phases exploratoires ou génératives.

- La **pensée divergente** est la capacité à générer des idées nouvelles avec fluidité et originalité (Runco, 1991).
- La **pensée associative** est nécessaire, car on ne part jamais du néant mais d'un terreau de connaissances et d'expériences que l'on combine et que l'on associe pour générer des idées (Mumford et Porter, 1999).
- La **pensée convergente** permet de réduire les idées possibles à une seule en évaluant la qualité des idées au regard des contraintes (Jaarsveld, Lachmann et Van Leeuwen, 2012). Elle est nécessaire pour faire le bon choix et sélectionner l'idée adéquate selon le problème posé au départ.

(cités par Capron-Puozzo, 2016, p. 38-39)

Le projet de recherche présenté dans ce mémoire s'est appuyé sur ces *microprocessus* pour déterminer des grilles d'observables et pour analyser les mécanismes créatifs des élèves tout au long des séances.

Du co-design à l'école ?

Le co-design, se définit comme un processus itératif centré sur les usages, qui intègre dès le début l'utilisateur. Son objectif est de générer et de prototyper des idées, des projets, qui répondent aux besoins réels des utilisateurs, tout en faisant appel à la créativité des personnes impliquées. Inspiré du *design thinking*, élaboré dans les années 2000, cette technique suit plusieurs étapes, proches des *macroprocessus* détaillés précédemment : l'inspiration, l'idéation, le prototypage et le test. Ces méthodes, qui permettent d'impliquer les participants et de les rendre acteurs, intéressent le monde de l'entreprise, de la culture, de la formation... Dans la même veine que le DIY (« Do It Yourself »), fablabs¹ ou autres Tiers-lieux², les activités co-design permettent aux participants d'être impliqués dans le processus d'idéation et de conception. On peut établir un parallèle avec les pédagogies actives et notamment le courant de l'*Éducation nouvelle*, notamment avec Freinet (1926), qui prônait la participation active des individus à leur propre formation.

L'école du XXI^e siècle devrait se fixer d'autres objectifs que les 3 « R » (« Reading, Writing, Arithmetic ») et viser les 4 « C » (Pensée critique, Collaboration, Communication, Créativité) qui assureront tout autant voire plus « la réussite personnelle et professionnelle » face aux défis de la société moderne. « Le potentiel créatif demeure latent jusqu'à ce qu'il soit sollicité dans une activité » (Lubart, Zenasni, Barbot, sous la direction de Capron-Puozzo, 2016, p. 65 à 67).

L'école peut donc favoriser ce potentiel en proposant des activités pédagogiques propices au développement de la créativité et en renforçant le positionnement de l'enseignant en tant que « coach » du potentiel créatif des élèves.

Selon Capron-Puozzo (2016, p. 20), « encourager et développer la créativité au sein du système éducatif, c'est former et éduquer de futurs citoyens créatifs pour

¹ Contraction de l'anglais « fabrication laboratory », lieu ouvert au public pour la conception et réalisation d'objets

² Environnements sociaux qui viennent après la maison et le travail, espaces de travail partagés et collaboratifs d'où peut naître la créativité

eux-mêmes, pour leur bien-être au sein de cette société qui demande de plus en plus de flexibilité et d'adaptation. »

La créativité n'est pas absente des programmes et prend place peu à peu dans de nombreux champs disciplinaires. Dans les programmes appliqués à la rentrée 2016 on relève des occurrences du mot « créativité » du cycle 2 au cycle 4 (Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015 : 24 occurrences du terme « créativité » et de ses dérivés relevées). Très présents dans le domaine artistique, le terme « créativité » et ses dérivés apparaissent également dans les domaines « sciences et techniques », « français », « questionner le monde », « technologie » et « mathématiques ». Les acceptions de ces termes peuvent prêter à confusion lorsque ceux-ci ne sont pas clairement explicités et adossés aux termes d'« imagination » et de « curiosité ». Néanmoins, en reprenant plusieurs explications présentes dans ces programmes, on peut dégager une définition se rapprochant des préceptes proposés par les chercheurs en matière de créativité :

« L'enseignement des arts plastiques et visuels permet lui aussi **d'aborder sous un angle différent** les objets et la matière lors de la **conception et de la réalisation d'objets**. » (Cycle 2 - Les systèmes naturels et les systèmes techniques)

« L'élève est incité à **proposer des solutions originales**, à mobiliser ses ressources **pour des réalisations** valorisantes et motivantes. » (Cycle 4 - spécificités du cycle)

« Ces initiatives **développent la créativité dans la confrontation**. » (Cycle 4 - Domaine 5 - Les représentations du monde et l'activité humaine)

« (...) Leur solution doit aboutir la plupart du temps à une **réalisation concrète** favorisant la manipulation sur des matériels, l'activité pratique et l'approche kinesthésique. » (Cycle 3 - Sciences et technologies)

L'école encourage donc une approche créative qui peut s'appuyer sur le principe du co-design, notamment en reprenant certaines techniques de créativité et en les adaptant au contexte scolaire.

Les techniques de créativité peuvent être adaptées à un contexte scolaire en envisageant qu'elles puissent accroître la motivation et développer des compétences liées à la résolution collaborative de problèmes.

Pour le moment, les techniques de créativité héritées du co-design et *design thinking* sont développées essentiellement dans les formations de formateurs, de personnels de direction ou d'enseignants. On voit fleurir des animations co-design et hackathons³ pédagogiques qui proposent aux participants de tester des outils favorisant le travail collaboratif, l'innovation pédagogique et le management de projet. Ces modalités de formation active visent à favoriser l'émulation, la créativité et la collaboration. Elles permettent de bousculer les habitudes et d'encourager les participants à tester d'autres modèles que le transmissif ou behavioriste. Ces nouvelles modalités de formation en présentiel amènent donc à vivre ces expériences pour mieux les appréhender.

En revanche, peu d'exemples d'applications de ces méthodes créatives existent pour la classe. Il semble encore difficile d'appliquer ces techniques dans un contexte scolaire. La démarche dépasse le champ disciplinaire et un cadre institutionnel trop contraint. Pourtant, le développement de la créativité chez les élèves paraît indispensable face aux défis à relever du XXI^e siècle. La créativité, qui n'est plus considérée comme un don, pour s'acquérir et s'affermir, doit être développée tout au long de la vie et peut être initiée à l'école dans des projets créatifs. Certaines attitudes sont « à développer chez les élèves afin qu'ils s'engagent dans le processus de cocréation. L'acceptation de ses erreurs, la résilience, la curiosité, la flexibilité et l'adaptabilité [...] et le sens de l'initiative » (Romero *et al.*, 2017, p. 42). Il s'agit des valeurs et attitudes individuelles importantes pour les compétences du 21^e siècle, c'est-à-dire les cinq compétences du XXI^e siècle : pensée critique, créativité, collaboration, résolution de problème, pensée informatique. Ces compétences ne coexistent pas de manière isolée mais ont été réunies dans un seul schéma qui met

³ « Contraction de « hack » et « marathon », les hackathons sont apparus dans la communauté des développeurs informatiques afin de concevoir, grâce à une émulation collective, des prototypes d'applications dans un temps limité. » ,*Hackathons : organiser des défis pédagogiques*, ouvrage collectif, 2017

en évidence la relation logique qui les unit. C'est dans cette optique que j'ai construit mon projet de recherche, reprenant ces compétences et m'inspirant du centre du schéma #5c21 avec la « Corésolution code créative de problèmes » ; compétences détaillées dans les chapitres suivants.

La collaboration

Les compétences évoquées précédemment traitent de « corésolution » et de « cocréation » et intègrent indéniablement par ce préfixe co- une dimension collaborative. La créativité a souvent été étudiée en s'intéressant au processus que chacun déploie, aux réponses de l'individu à un stimulus ou au résultat obtenu face à une consigne particulière. Dans un contexte scolaire, il est plus difficile de l'envisager d'un point de vue individuel. Dans un environnement de classe et face à une situation-problème complexe, c'est davantage dans un contexte collectif que le travail va être mené ; pour des raisons logistiques mais aussi parce que la collaboration sera nécessaire à la réussite du projet. Les enseignants sont d'ailleurs encouragés à développer les activités collaboratives et les pédagogies de groupe. Les programmes de 2015 évoquent la collaboration dans le Domaine 2, « Des méthodes et outils pour apprendre » en citant comme objectif de : « (...) faire acquérir la capacité de coopérer en développant le travail en groupe et le travail collaboratif à l'aide des outils numériques, ainsi que la capacité de réaliser des projets ». Dans le référentiel de compétences des enseignants, il est également indiqué à l'enseignant qu'il doit « organiser et assurer un mode de fonctionnement du groupe favorisant l'apprentissage et la socialisation ».⁴

On retient ici comme définition, pour la collaboration, la réalisation d'un objectif dans un processus commun de partage et de co-construction des connaissances.

Historiquement, les travaux de Cousinet (1945), basés sur les théories pédagogiques de Dewey (1938), se sont portés sur les pédagogies de groupe. Ils considéraient que, pour apprendre, être enseigné ne suffisait pas et qu'il était nécessaire d'engager une pédagogie de l'apprentissage qui s'appuie sur la confiance en l'enfant.

⁴ Programmes d'enseignement (BO spécial n°11 du 26 novembre 2015) et référentiel de compétences des enseignants (BO du 25 juillet 2013)

Cousinet a proposé une méthode de travail en groupe dans laquelle l'enseignant n'était qu'organisateur puis observateur (cités par Connac, 2017, p. 34).

Le travail en groupe s'apparente au courant pédagogique du socio-constructivisme, parce qu'il fait émerger un conflit sociocognitif essentiel pour la construction de nouvelles connaissances ou le développement de compétences. C'est en se « frottant » à d'autres esprits, que les esprits se forment. (Connac, 2017, p. 32)

Chacun, dans le travail de groupe, doit essayer de prendre en compte ce qui ne vient pas de lui, et tenter d'associer ses connaissances avec celles des autres, même (et surtout) en l'absence d'une certaine unanimité au départ. Les participants sont donc obligés « d'explicitier leurs présupposés, d'argumenter, de raisonner et de fournir des exemples » (Baker, Hansen, Joiner et Traum, 1999, p. 42 cités par Baudrit, 2007, p. 7 à 11). Ce « jeu de négociations », toutes ces manœuvres visant à atteindre un consensus, vers une vision commune de l'activité à effectuer, est appelé *réparation*. (Baudrit, 2007, p. 7 à 11)

C'est donc bien ce « choc des idées » qui caractérise la collaboration et le « caractère social de la créativité » qui nous intéressent dans cette étude.

Quelle situation didactique ?

Les travaux actuels menés sur l'aménagement des espaces (comme le projet Archiclasse) montrent qu'un certain nombre de conditions sont nécessaires pour développer la créativité en milieu éducatif. La mobilité, la modularité des espaces, la manipulation, l'utilisation d'outils numériques... sont autant d'éléments pouvant contribuer au développement de la créativité à l'école. La classe flexible en est un bel exemple, en adaptant l'espace de classe aux besoins des élèves (Diller, 2015). Ce concept trouve son origine aux États-Unis et au Canada ; il consiste à aménager les espaces de la classe permettant à chacun de trouver la position qui lui apporte le plus de confort et de concentration selon l'activité. Les îlots de travail favorisent les interactions et permettent aux élèves de prendre des postures différentes pendant un laps de temps restreint ou de s'isoler s'ils en ont besoin. Cette étude ne se concentrera pas uniquement sur l'aménagement de la salle de classe. Toutefois, l'utilisation de certains espaces de travail particuliers (telle que la classe Laboratoire de l'ESPE) dans cette étude présenteront un intérêt de recherche.

Outre l'aménagement des espaces, et des conditions matérielles favorables, les élèves ont besoin d'un climat propice pour développer leur créativité. Les facteurs « émotionnels » et « environnementaux » jouent un rôle important et ne doivent pas être occultés. « Les états émotionnels positifs ainsi que le plaisir favorisent la créativité ». En plus de la motivation, les émotions peuvent « stimuler » la créativité. Il est, en effet, « fondamental d'instaurer une relation de confiance avec l'élève afin que celui-ci s'aventure en dehors de sa zone de confort » (Romero *et al.*, 2017). L'élève doit avoir suffisamment confiance en l'enseignant et dans l'environnement de travail proposé pour aller dans sa « zone proximale de développement » (Vygotski, 1978, cité par Romero *et al.*, 2017, p. 56). Il s'agit de « la distance entre le niveau de développement actuel (la résolution indépendante de problèmes) et le niveau de développement potentiel (la résolution de problèmes supervisée par un adulte ou en collaboration avec des pairs plus habiles) ». L'objectif, pour le pédagogue, est donc d'amener l'apprenant dans cette zone de développement afin qu'il soit en mesure de réaliser des tâches plus complexes, seul ou en collaboration. L'enseignant doit donc, par les choix qu'il opère, faire en sorte que les élèves puissent apprendre. Il a donc pour tâche « la prise en charge de la création des conditions de possibilité de l'apprentissage » (Chevallard, 1986, cité par Dollo, 2018, p. 43 à 58).

Pour atteindre cet objectif, l'ingénierie pédagogique de l'enseignant joue un rôle prépondérant. Les *situations didactiques*, définies par Brousseau (1997) comme les « situations qui servent à enseigner » doivent être sélectionnées avec soin par l'enseignant pour amener l'élève à apprendre en s'adaptant à « un milieu » qui le place dans un ensemble de difficultés et de contradictions. Ce *milieu* inclut « tout ce qui agit sur l'élève et ce sur quoi l'élève agit » : matériel, documents, exercices... L'enseignant va donc provoquer chez l'élève la nécessité de s'adapter « par un choix judicieux des problèmes qu'il lui propose » et qui le font évoluer par « son propre mouvement ». L'apprentissage de l'élève sera donc le fruit de son adaptation qui se manifestera par des réponses nouvelles face à ces situations *adidactiques* (Sensevy, 2011, p. 202 à 224).

Dans les situations adidactiques, les interactions des élèves avec le milieu sont supposées suffisamment prégnantes et adéquates pour qu'ils puissent construire des connaissances, formuler des stratégies d'action, valider des savoirs en utilisant les rétroactions de ces milieux sans que leur activité ne soit orientée par la nécessité de satisfaire aux intentions supposées du professeur.

L'enseignant doit donc créer et maintenir des conditions adéquates, sans intervenir sur le processus cognitif. Cette distance doit permettre à l'élève de préserver sa relation au savoir hors de sa présence, afin de conserver ces compétences en dehors de la situation didactique.

L'école doit donc permettre aux élèves de développer leur créativité en les installant dans un environnement favorable, de manière à ce qu'ils se confrontent à la difficulté et la résolvent de manière autonome.

Le Feedback de l'enseignant en question

L'enseignant doit donc instaurer dans sa classe un climat de confiance pour encourager la créativité et installer une situation didactique permettant à l'élève de s'appropriier le savoir. Il a donc un rôle majeur à jouer de par sa posture et ses choix pédagogiques.

Dans les choix qu'il doit faire, il doit accepter de laisser une part de liberté et adopter une grande souplesse.

« Le système éducatif actuel nous encourage à créer des séquences pédagogiques dont les paramètres sont entièrement déterminés par l'enseignant [...] les élèves ont peu de contrôle sur leur espace d'apprentissage. [...] Il est important que l'enseignant adopte une posture créative et accepte lui-même l'incertitude ; [...] être flexible par rapport aux besoins et aux champs d'intérêts des élèves » (Romero *et al.*, 2017, p. 54)

En effet, il est important que la solution de la situation-problème ne soit pas connue à l'avance. Côté apprenant, c'est une des caractéristiques nécessaires pour le développement d'activités basées sur les défis « technocratifs ». Par extension, on peut considérer que l'enseignant qui construit l'activité ne doit pas non plus connaître la solution pour ne pas orienter – même inconsciemment – les élèves dans leurs recherches. Cela implique une posture différente de l'enseignant et un

feedback particulier. L'enseignant doit pouvoir laisser une marge de liberté et attendre que la solution vienne des élèves. Il doit ainsi proposer des projets inventifs et user de flexibilité, permettant aux élèves de trouver des solutions nouvelles aux problèmes posés, de manière collaborative, sans être guidés trop fortement. Le rôle de l'enseignant réside donc, en premier lieu, dans le choix de scénarios pédagogiques et de tâches favorisant cette liberté tout en assurant un climat et une logistique rassurants et propices à la collaboration.

Une fois l'activité lancée, sa posture doit essentiellement être focalisée sur de l'observation et un étayage savamment dosé. Il doit être attentif, notamment, aux interactions sociales qui sont importantes dans ces activités de collaboration créative. On entend par étayage que l'expert « ajuste son agir pour soutenir l'activité du moins expert et cela sur la base des progrès réalisés » (Wood, Bruner et Ross, 1976, cités par Giglio sous la direction de Capron-Puozzo, 2016, p. 139). Ce terme est souvent employé pour désigner le pilotage, guidage et les gestes professionnels de l'enseignant permettant à l'apprenant de s'approprier du savoir mais dans une forme de dépendance à l'adulte. Si on circonscrit l'étayage de l'enseignant aux activités « technocréatives » en lien avec les cinq compétences (#5c21), on s'intéressera plus particulièrement à l'« étayage créatif ». Cette précision est importante car ce sont d'autres genres de gestes que les enseignants doivent acquérir dans ces activités :

[Gestes qui] soutiennent la collaboration créative des élèves (en orientant l'attention des élèves vers la tâche créative ; en annonçant le temps qu'il reste pour terminer la tâche ; en observant comment les élèves collaborent et créent sans intervenir et sans les interrompre ; en indiquant que les élèves doivent se mettre d'accord par la création d'un consensus créatif (...) ; en apportant certaines connaissances nécessaires... sans réaliser la tâche à la place des élèves. (Giglio sous la direction de Capron Puozzo, 2016, p. 139-140).

L'enseignant peut encourager la créativité de l'élève en rappelant les objectifs visés et les contraintes posées sans que ce feedback devienne validation systématique, jugement négatif ou sanction. Il faut être conscient de la complexité des situations-problèmes proposées aux élèves dans ces activités-défis.

L'élève est en droit de se tromper et doit même, pour être créatif, ne pas brider ses idées. « Oser se tromper permet d'être créatif. » (Robinson, 2014). C'est le cas notamment, en sciences et technologies, où « la tolérance à l'erreur est essentielle pour s'engager dans la réalisation d'artefacts technologiques qui vont probablement échouer dans leurs premières versions. [...] mais s'approcher, version après version, d'une solution plus adaptée aux besoins » (Romero et *al.*, 2017, p. 64).

L'enseignant doit donc prendre en compte, dans ses feedback, l'importance du statut de l'erreur dans le processus créatif. L'évaluation ne doit pas non plus venir parasiter ce processus et paralyser l'élève dans les phases de tâtonnement. L'enseignant, tout en ayant déterminé à l'avance les compétences travaillées, ne doit pas fixer un résultat à atteindre. Ce qui est important n'est pas le résultat lui-même, qui n'est pas forcément connu. En revanche, le *contrat didactique* posé aux élèves doit être accepté malgré l'inconnu lié à la réalisation finale du projet. Il s'agit de l'ensemble des comportements (spécifique [des connaissances enseignées]) du maître qui sont attendus de l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus du maître. » (Brousseau, 1980, p. 127 cité par Sarrazy, 1995, p. 87).

Il s'agit des droits et devoirs explicites ou implicites des élèves et de l'enseignant face au savoir et à la situation didactique. Bien qu'étudiée spécifiquement dans le champ des mathématiques, cette théorie présente un intérêt dans le cadre de notre étude. L'élève interprète la situation qui lui est présentée et les informations qui lui sont fournies selon ce que le maître reproduit, consciemment ou non, de façon répétitive dans sa pratique de l'enseignement (Bessot, 2004). Ces habitudes ont donc un impact sur l'acceptation, par l'élève, de ce type d'activité et sur la manière de s'en emparer.

Le numérique au service de la créativité

Usages du numérique propices à la créativité

Le numérique est abordé dans ce projet comme un élément clé de la démarche créative, questionné sur son intégration dans les étapes de la créativité collaborative. Outre la place qu'il occupe dans ce projet, il demeure un outil indissociable des compétences du XXI^e siècle. Il est essentiel de préparer les jeunes à la complexité technologique qui nous environne au quotidien et qui occupe une place prépondérante dans les milieux professionnels. Il ne s'agit pas uniquement de compétences techniques mais bien d'une meilleure connaissance de ces technologies pour avoir un regard averti et critique.

« L'usage de la technologie comme consommateur et l'usage de celle-ci comme créateur numérique constituent deux paradigmes différents. » (Romero, Lafférière et Power, 2016, cités par Romero, Lille et Patiño p. 17)

On distingue donc deux utilisations du numérique ; l'une est celle du « clic » facile et intuitif, l'autre nécessite l'appropriation des technologies pour créer des solutions nouvelles. De même, dans un cadre éducatif, on différencie les usages du numérique entre une consommation passive (regarder des vidéos), interactive (QCM interactif) et la création de contenus (Romero, Lille et Patiño, 2018, p. 49).

On peut s'appuyer sur la typologie du S.A.M.R, élaborée par Puentedura (2009), qui se place du côté des choix pédagogiques de l'enseignant (substitution, augmentation, modification, redéfinition) et questionne l'impact de l'utilisation de la technologie en pédagogie. Selon les quatre niveaux, la technologie permet soit une amélioration (niveaux 1 et 2), soit une transformation de la tâche (niveaux 3 et 4), qui d'après Puentedura est source d'un meilleur apprentissage.

On peut également s'inspirer de celle intitulée « Types d'usages du numérique selon le niveau d'engagement » (Romero, Lafférière et Power, 2016, cités par Romero, Lille et Patiño, 2017, *figure 3.1*). Cette typologie questionne davantage la place de l'apprenant et du collectif dans les usages du numérique d'un point de vue sociétal (consommation passive, consommation interactive, création de contenus, « cocréation » de contenus, « cocréation » participative de connaissances).

Les usages du numérique qui permettent de soutenir la créativité des apprenants sont ceux qui impliquent un niveau d'engagement fort et une appropriation active des technologies. Cette utilisation du numérique rejoint la notion d'artefact et d'instrument théorisée par Rabardel (1995, p. 14). L'artefact est l'objet proposé, alors que l'instrument est une construction par l'individu. Ce processus d'appropriation de l'artefact en instrument est appelé « genèse instrumentale » et correspond à un double mouvement : « l'instrumentalisation » et « l'instrumentation ».

- Dans « l'instrumentalisation » (mouvement du sujet vers l'artefact), l'utilisateur adapte l'outil à ses besoins et peut même enrichir les propriétés initiales de l'artefact avec des fonctions nouvelles qui n'étaient pas forcément prévues par les concepteurs ;
- Dans « l'instrumentation » (mouvement de l'artefact vers le sujet), les contraintes et les potentialités de l'artefact influencent et conditionnent l'action de l'individu qui adapte ainsi son utilisation de l'outil.

Ce processus de « genèse instrumentale » permet de mieux comprendre la manière dont des dispositifs numériques éducatifs sont intégrés dans les pratiques pédagogiques selon le degré d'appropriation des enseignants et des élèves.

C'est de ce double mouvement entre « instrumentation » et « instrumentalisation » que naît la créativité. L'appropriation des technologies numériques proposées dans un projet « technocréatif » est donc une condition nécessaire. Les activités doivent permettre aux élèves de s'approprier les artefacts numériques mais aussi de pouvoir les détourner de leurs usages premiers.

La robotique pédagogique

La robotique est une des technologies numériques qui trouve sa place dans les activités pédagogiques et qui recèle un potentiel intéressant. Elle se développe depuis quelques années et offre un panel d'activités du cycle 1 jusqu'aux études supérieures. Les robots « clés en main » ou à construire proposent des activités pour développer la maîtrise de la programmation mais aussi pour favoriser des apprentissages plus larges dans une dimension interdisciplinaire.

Pour mieux comprendre la place qu'ont pris les robots dans l'Éducation nationale et dans la formation des enseignants, il faut remonter aux prémices de l'informatique. La robotique éducative n'est pas récente et trouve sa source dans les années 1980 avec le robot LOGO⁵ et les premières tentatives d'introduction de l'informatique dans les apprentissages et l'éducation. Les enjeux sont un peu différents mais ce sont surtout les matériels et une prise de conscience importante qui ont permis à ce type de pratiques de se développer.

Histoire de la robotique pédagogique

Au XX^e siècle, les premiers robots voient le jour (comme par exemple, le chien électrique de Hammond et Miessner en 1915 ou les tortues cybernétiques de Walter en 1950) avec comme différence par rapport à des automates, de ne plus seulement reproduire un programme préétabli mais également d'interagir avec l'environnement à l'aide de capteurs. La robotique se développe rapidement dans l'industrie et les programmes spatiaux et s'ouvre enfin dans les années 1980 au champ éducatif, particulièrement sous l'impulsion de Seymour Papert. Dans leur article, Lehmans et Oudeyer (2017) tracent un historique de la robotique dans l'éducation notamment en citant le projet de Papert au Massachusetts Institute of Technology (MIT), qui fait du langage de programmation un « objet avec lequel penser », sous l'influence de Piaget. Le principe est bien de permettre aux enfants de s'approprier des notions abstraites telles que le langage informatique et la pensée computationnelle à l'aide d'un objet manipulable et programmable.

⁵ Robot de sol distribué par Jeulin dans les années 80, au moment du plan IPT (Informatique Pour Tous)
<http://www.tortue-jeulin.com/articles.php?lng=fr&pg=3&mnuid=2&tconfig=0>

Un matériel pilotable est alors conçu et proposé aux enseignants : la Tortue-Logo. « L'éveil informatique et robotique » fait son apparition dans les programmes des enseignements technologiques et informatiques (Programmes du collège, 1985). « Mais – soulignent Lehmans et Oudeyer – l'effet de mode est fugace » :

Le prix des robots beaucoup trop élevé, le langage Logo devenant, dans la mémoire de toute une génération d'élèves et d'enseignants, une sinécure logique et algorithmique (...). La commercialisation depuis 2013 d'une nouvelle génération de robots pédagogiques très peu coûteux, sur le modèle du Thymio, robot éducatif créé par l'École polytechnique fédérale et l'école cantonale d'art de Lausanne, prêt à l'emploi, simple à programmer, constitue un tournant. (Lehmans et Oudeyer, 2017, p. 2)

De nombreux robots sont proposés aujourd'hui avec des fonctionnalités différentes plus ou moins élaborées selon les objectifs et le niveau visé. On peut citer :

- Beebot ou le robot souris Code & Go, qui permettent dès le cycle 1 de coder directement sur l'objet les déplacements ; Bluebot⁶ qui peut être relié à une barre de programmation ou à son application sur tablette.
- Thymio⁷, doté de nombreux capteurs, pouvant interagir avec son environnement, émettre des sons et produire des lumières colorées. Il est programmable grâce au langage de type Blockly⁸ ou une interface Scratch.
- Ozobot, petit robot lumineux – suiveur de ligne – programmable avec de simples feutres ou avec une application dédiée sur tablette ou ordinateur (OzoBlockly).
- Sphero, robot-balle pilotable à distance grâce à une application sur tablette (SpheroEdu)
- TrueBot, robot multifonction programmable grâce à des cartes, une interface sur tablette ou sur ordinateur avec Scratch (voir [Annexe 1](#))

Les catalogues des fournisseurs fourmillent de robots différents, dédiés à un usage pédagogique ou familial. L'offre étant vaste et les programmes de l'éducation nationale ne précisant pas vers quel robot se tourner, c'est davantage en se fiant

⁶ Robot abeille de TTS, programmable dès le cycle 1

⁷ Robot développé par l'École Polytechnique Fédérale et l'École Cantonale d'Art de Lausanne ; géré par l'association Mobsya.

⁸ Blockly et Scratch sont des logiciels permettant de créer simplement un programme à l'aide de blocs

aux retours d'expérience, à la facilité de prise en main et aux objectifs pédagogiques visés que les choix se portent la plupart du temps. Pour notre travail de recherche, il s'agissait de proposer un panel de robots ayant des fonctionnalités et des aspects différents pour encourager la créativité, ainsi qu'une interface de programmation facile à prendre en main pour que les élèves puissent rapidement tester les fonctionnalités.

Baron et Drot-Delange (2016) expliquent également que l'évolution de la place des robots dans l'éducation est liée aux choix en matière de politique éducative :

L'histoire de l'introduction de l'enseignement de l'informatique à l'école primaire est riche de mouvements d'allers-retours suscités par des politiques éducatives. Ces dernières sont le reflet de la représentation chez les décideurs politiques de ce qu'est ou doit être l'informatique : un instrument au service des disciplines ; une matière elle-même, avec pour noyau dur la programmation ; un outil dont les usages relèvent d'une éducation permettant l'acquisition de compétences, dûment évaluées par le système scolaire. Ces trois approches peuvent être concomitantes ou exclusives selon les périodes. Les choix opérés conditionnent la logique curriculaire mise en œuvre.

En effet, le robot n'occupe pas la même place selon les objectifs choisis, selon qu'il prépare les élèves à un monde économique, en développant des compétences techniques importantes, en permettant de comprendre le langage de programmation informatique ou qu'il se met au service d'apprentissages divers. C'est ainsi que l'on peut distinguer :

- « L'apprentissage de la robotique » c'est-à-dire l'apprentissage de compétences spécifiques de construction et de programmation de robots ;
- « L'apprentissage avec la robotique », utilisant l'aspect relationnel de robots humanoïdes prenant parfois le rôle d'assistants ;
- « L'apprentissage par la robotique », permettant d'acquérir des connaissances et des compétences liées à une discipline mais aussi transversales, développant le travail collaboratif et la démarche d'investigation (Gaudiello et Zibetti, 2016).

Dans les programmes (Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015) appliqués à la rentrée 2016, les robots sont spécifiquement nommés avec sept

occurrences. Il s'agit des disciplines scientifiques : en mathématiques pour les déplacements dans l'espace et pour une initiation à la programmation aux cycles 2, 3 et en technologie, au cycle 4, pour observer, analyser, construire et programmer un robot.

Toutefois, sans forcément être stipulés, les robots peuvent trouver leur place dans les programmes comme objet d'apprentissage au service de compétences multiples. Les activités utilisant les robots placent les élèves dans une démarche d'investigation pour « pratiquer des démarches scientifiques ». De même, en amenant les élèves à verbaliser leur stratégie, à échanger, à défendre leur raisonnement, les activités menées avec les robots permettent de développer la maîtrise de la langue. Le robot peut également devenir un support de créativité intéressant donnant la possibilité d'explorer des techniques nouvelles et de réaliser des projets lors de croisements entre enseignements. C'est le cas par exemple de projets mêlant production artistique et programmation informatique dans lesquels le support crayon du robot Thymio ou les Leds de couleur sont exploités pour créer des œuvres visuelles.

Depuis la tortue LOGO des années 1980, la robotique pédagogique a fait du chemin en proposant aux milieux éducatifs des matériels plus variés et plus accessibles. Les robots sont désormais d'un prix abordable, faciles à manipuler avec des interfaces de programmation intuitives et évolutives.

Atouts de la robotique pédagogique

À la différence de nombreux outils numériques, le robot permet à l'élève de s'approprier des concepts abstraits par manipulation d'un objet tangible. C'est sur cette réflexion, que les travaux de Papert ont été menés et que des dispositifs ont été testés récemment notamment auprès d'élèves à besoins particuliers (Etche Ogeli-Renault, 2017). « L'intérêt du robot est qu'il maintient l'élève dans le monde réel par le *feedback* concret qu'il permet. » (Mandin, 2016)

Le travail autour des déplacements, de la représentation dans l'espace, de la manipulation physique mais aussi du langage et des créations artistiques sont

autant d'éléments qui mobilisent les élèves de manière globale. Cette approche peut être envisagée du point de vue des *intelligences multiples*, théorie avancée par Gardner (1983), à laquelle on peut s'intéresser, non pas pour poser un diagnostic, mais bien pour considérer qu'il y a une grande diversité d'apprentissages et d'appétences chez les élèves. Selon Gardner, leur intelligence Kinesthésique amène certains élèves à préférer explorer l'environnement par le toucher et modéliser le savoir par l'utilisation d'objets. Certes, comme le souligne Tricot (2017), faire manipuler les élèves ne leur permet pas automatiquement d'apprendre mieux et on ne peut prétendre que le fait de faire manipuler les élèves est la solution aux difficultés d'apprentissage. Cependant, les activités amenant à varier les postures, le type d'activités, les interactions... permettent indéniablement de lutter contre l'ennui et le décrochage scolaire.

Le statut de l'erreur se voit également modifié par la manipulation des robots. L'élève ne commet pas une faute mais apprend de ses erreurs, de ses tentatives et surmonte les obstacles pour atteindre un objectif fixé à l'avance (De Vecchi, 2011). En effet, l'élève réalise par essai-erreur des actions et peut voir par lui-même s'il a atteint son objectif. La place de l'enseignant dans ce processus n'est pas d'évaluer ou sanctionner mais d'accompagner l'élève dans sa démarche et dans sa capacité réflexive.

La robotique « micro-mondes » ou la robotique « maker »

On distingue, dans les usages et les recherches sur le sujet, deux types de robots : les robots « micro-mondes » et les robots « maker ». L'approche décrite précédemment s'appuie majoritairement sur une robotique « micro-mondes » qui donne à l'élève une grande autonomie.

« Cette robotique pédagogique *micro-mondes* s'appuie sur un robot du commerce déjà construit et possédant un mode de programmation simple et adapté. La construction de l'objet cybernétique n'est donc plus à la charge de l'élève. On y perd la compréhension du fonctionnement technologique mais on y gagne un objet mobile *prêt à l'emploi* » (Greff, 2013).

Les robots les plus courants sont des robots de sol appelés aussi robots de plancher, outils cybernétiques programmables dont les instructions se traduisent

par un mouvement ou un son ou l'allumage d'une lumière. Cette robotique « clé-en-main » est facile d'utilisation, rassurante et accessible aux enseignants n'ayant pas de compétences techniques particulières.

Les concepteurs de ces robots prêts à l'emploi proposent des activités sous forme de fiches ou tutoriels à destination des utilisateurs novices. Ces activités de robotique procédurales qui suivent « pas à pas » des consignes prédéfinies sont une première étape mais ne sauraient suffire pour exploiter pleinement tout le potentiel de ces artefacts numériques. L'enseignant doit pouvoir dépasser ces premières activités et s'approprier l'outil pour proposer aux élèves des activités créatives.

La robotique « maker », à l'inverse, propose aux utilisateurs de créer eux-mêmes leur artefact numérique. Ce mouvement se développe avec des robots de type Lego Mindstorm ou Speechi. Des clubs robotique au collège ou fablabs proposent ces activités, qui nécessitent des compétences techniques et du temps. Cette approche « maker » favorise d'autant plus la créativité qu'elle place l'utilisateur dans une démarche active de création. Néanmoins, elle se développe peu à l'école car elle semble inaccessible pour de nombreux enseignants de par sa complexité technique et logistique alors que la robotique « micro-mondes » leur offre une efficacité immédiate.

L'utilisation des robots dans des projets créatifs peut revêtir plusieurs formes et présenter des intérêts divers, soit en étant au centre du projet dans une dimension « maker », ou soit en exploitant un matériel « micro-mondes » au même titre que d'autres outils plastiques ou numériques. Il peut s'agir d'une utilisation simple des robots sans que la créativité à proprement parler porte sur ces objets, comme par exemple déplacer un robot en n'utilisant que ses programmes de base, par exemple avec le robot suiveur de ligne Ozobot. Les élèves créent l'environnement et adaptent le programme du robot au projet.

À l'inverse, certains projets nécessitent de créer son propre programme ou son robot, c'est le cas de certains concours de robotique qui conduisent les élèves à fabriquer et programmer un robot pour relever des défis. Dans ce type de projet, la

créativité porte, sur des compétences technologiques, en mobilisant des connaissances informatiques de construction et de programmation.

Cette créativité sur ou avec les robots est étroitement corrélée au niveau des élèves (projet avec une utilisation simple des robots au cycle 2 jusqu'à la création robotique à partir du cycle 4).

Le projet sur lequel porte cette recherche concerne un « apprentissage par la robotique ». L'idée n'était pas de demander aux élèves de concevoir un robot mais plutôt de pouvoir exploiter la programmation et les capteurs des robots prêts à l'emploi « micro-mondes » pour atteindre les objectifs visés. En dépassant les procédures « pas à pas » et en détournant l'usage premier, ils se placent dans une démarche d'« instrumentalisation » (Rabardel, 1995). Thymio, robot de sol, utilisé comme un « piano » pour faire de la musique à l'aide de ses capteurs en est un exemple. Ainsi, la créativité ne sera pas cantonnée à l'habillage du robot ou à la décoration de l'environnement dans lequel il évoluera et devra porter sur des compétences transversales.

Défis « technocratifs » et pensée informatique

Les robots trouvent leur place dans les défis « technocratifs » permettant de préparer les élèves aux enjeux de la société de demain. On appelle défis « technocratifs » des défis collaboratifs qui incitent les participants, face à une situation complexe, à trouver une solution nouvelle grâce aux outils numériques. Les technologies sont présentes tant « pour le processus de développement de solutions que pour la solution même » (Romero *et al.*, 2017, p. 75).

Le cadre référentiel, sur lequel nous nous appuyons pour classer les compétences nécessaires pour le XXI^e siècle, relève du schéma des 4C (Kereluik, Mishra, Fahnoe et Terry, 2013), particulièrement sur deux parties :

- « Meta Knowledge (Communication & Collaboration, Problem Solving & Critical Thinking, Creativity & Innovation) » qui inclut la résolution de problèmes, la pensée critique, la communication et la collaboration. Ces compétences doivent amener les individus à prendre les décisions adéquates et à trouver des solutions aux problèmes en faisant appel à l'esprit critique, à la communication dans une dimension sociale.

- « Foundational Knowledge (Digital/ICT Literacy) » qui permet de s'intégrer aisément dans un monde numérique en sachant exploiter les informations et outils numériques de manière efficace tout en prenant en compte une dimension éthique de leurs usages.

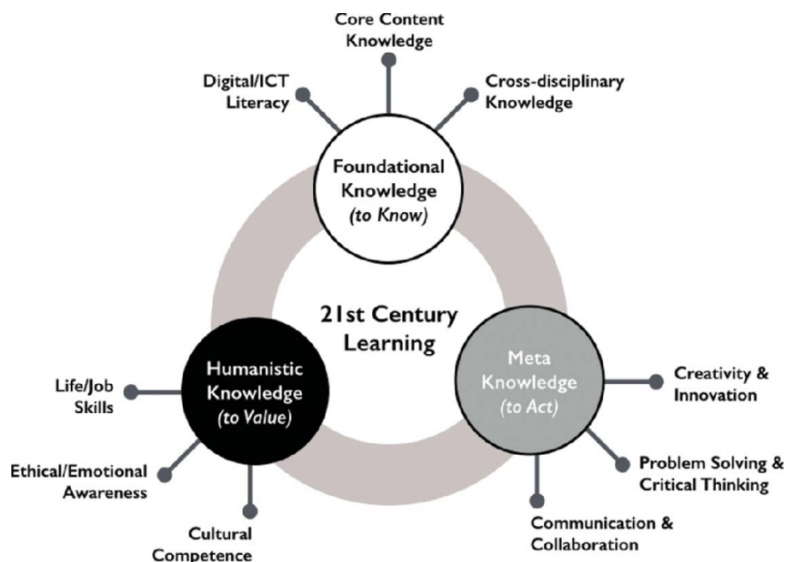
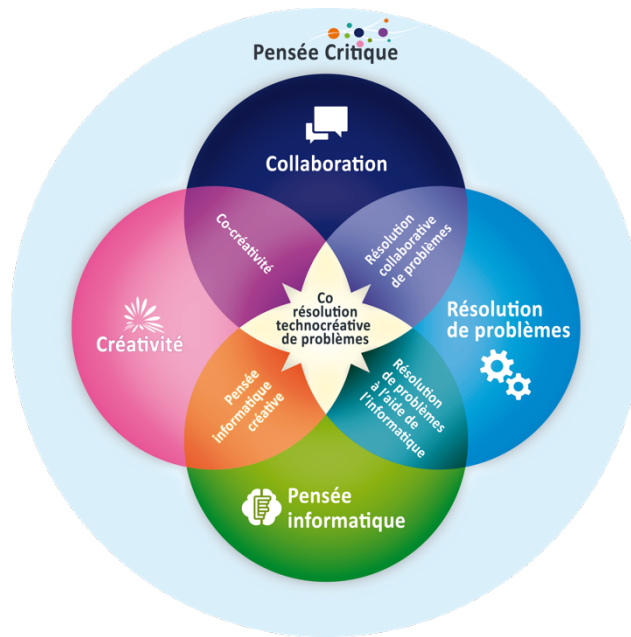


Schéma 21st Century Learning, de Kereluik *and al.* (2013)

Mon étude s'est également appuyée sur le schéma du #5c21 « pensée critique, créativité, collaboration, résolution de problèmes, pensée informatique » (Romero *et al.*, 2017, *figure 2.2*). Ces compétences peuvent être travaillées de manière indépendante mais elles sont majoritairement associées dans des activités complexes en amenant l'élève à se questionner et à relever des défis. Dans le concept retenu pour ce projet de « Corésolution code créative de problèmes », le terme « code » englobe de manière plus générale les compétences liées à la pensée informatique en intégrant maîtrise des technologies, modélisation des données et littératie numérique.



Cinq compétences pour le XXI^e siècle, sélectionnées dans le cadre du projet #CoCreaTic
Romero M. (2016), design : Dumont

La pensée informatique peut être définie « comme un ensemble de stratégies de pensées cognitives et métacognitives liées à la modélisation de connaissances et de processus, à l'abstraction, à l'algorithmique et à l'identification, la décomposition et l'organisation de structures complexes et de suites logiques » (Romero *et al.*, 2017, p. 23). Cette approche a été définie par Jeannette Wing en 2006. Il s'agit d'adopter un mode de pensée informatique qui « 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 qui reflètent l'étendue de la science qu'est l'informatique. [...] Penser informatiquement, c'est faire appel au raisonnement par récurrence. » Il s'agit d'appréhender le monde selon une approche similaire à la programmation informatique : savoir décomposer un problème en sous-problèmes plus simples, réfléchir aux tâches à accomplir sous forme d'une série d'étapes (algorithmes), décrire les problèmes et les solutions à différents niveaux d'abstraction et réaliser que la solution à un problème peut servir à résoudre tout un éventail de problèmes semblables (Tchounikine, 2017).

En 2016, le « Plan pour le numérique à l'école », a placé la programmation informatique et le codage dans les priorités de l'école. Des formations ont été proposées aux enseignants (projet Class'Code) et des ressources ont été publiées (1, 2, 3...codez !), encourageant une compréhension et une maîtrise de la programmation informatique en utilisant des logiciels tels que Scratch⁹ ou des robots pédagogiques. Aujourd'hui, on change légèrement de paradigme en s'intéressant davantage à ces notions dans une vision plus large, moins technocentrée. Il s'agit d'exploiter cette compréhension afin de l'appliquer à notre environnement, de faciliter des apprentissages ou de développer notre connaissance de l'homme. Le cognitivisme, en faisant des passerelles entre intelligences artificielles et neurosciences, illustre cette double interaction. La pensée informatique permet donc de mieux comprendre le monde numérique qui nous entoure, nos propres procédés de traitement de l'information et de rationaliser, d'optimiser des processus mentaux.

Contexte et problématique

Ce mémoire relate le travail de recherche exploratoire mené avec deux classes de cycle 3 autour de la *corésolution* créative de problèmes avec les robots pédagogiques. Cette étude s'inscrit dans la continuité du travail mené et présenté en 2018 pour l'obtention du CAFFA et DU 2FA2E¹⁰ dans l'académie de Besançon. Elle fait suite, également, au projet « Quidditch robotique » mené avec ces mêmes classes.

Après le projet « Quidditch »

En 2018, dans le cadre des expérimentations menées autour des robots par les médiateurs de l'Atelier Canopé de Besançon, un projet transversal intitulé « Tournoi de Quidditch¹¹ robotique » a été impulsé et accompagné. Ces activités devaient amener les élèves à développer différentes compétences dans un projet collectif pluridisciplinaire en EPS, mathématiques, littérature et programmation.

⁹ Logiciel développé par le Massachusetts Institute of Technology (MIT), <https://scratch.mit.edu/>

¹⁰ CAFFA (certificat d'aptitude aux fonctions de formateur académique) et DU2FA2E (diplôme d'université formation des formateurs et accompagnement des enseignants et des éducateurs)

¹¹ Sport pratiqué par des sorciers sur un balai volant, imaginé par J.K Rowling dans la saga « Harry Potter »

Deux enseignantes d'une école de Besançon ont relevé le défi et ont entraîné leurs élèves de CM1 et CM2 dans l'aventure.

Les enseignantes et les médiateurs se sont rencontrés en août 2018 pour mener une réflexion commune autour de la mise en œuvre du projet et des objectifs pédagogiques. Ces rencontres ont également permis de manipuler le matériel et de tester les activités envisagées avant la mise en place du tournoi. Les apprentissages possibles autour de ce projet ont été développés : lecture et compréhension d'extraits du roman¹² dès la rentrée, adaptation des règles pour les tester en EPS, estimation de longueurs et déplacements... Les enseignantes ont ainsi pu découvrir des usages possibles de ces robots pédagogiques en classe (Sphero et Thymio).

Par le biais des comptes Twitter, un échange régulier s'est mis en place entre la classe et les médiateurs pour rendre compte de l'avancée du projet. Les élèves de CM1 et CM2 ont partagé leur travail sur ce réseau social grâce à leur Twittclasse¹³.

Lors d'une journée consacrée à la prise en main des matériels, les élèves ont découvert et programmé les deux modèles de robots utilisés dans ce projet (Sphero-mini et Thymio). Sous la forme de défis et par demi-classe, les CM1 et CM2 ont découvert la programmation séquentielle¹⁴ par blocs sur ordinateur et tablette afin de comprendre les fonctionnalités des robots et travailler sur leurs déplacements (travail sur les longueurs et angles). Ces défis avaient comme double objectif de permettre aux élèves de prendre en main les matériels de manière autonome et de réfléchir à l'adaptation des règles du jeu.

La dernière journée a été consacrée au tournoi. Les classes étaient totalement investies dans le projet : tableau des scores, capes et blasons aux couleurs des différentes équipes... La répartition des rôles s'est faite naturellement avec l'aide des enseignantes pour que chaque élève occupe un rôle bien défini (joueur de Quidditch, « Vif d'or », arbitre, commentateur sportif, ramasseur, journaliste ...).

¹² *Harry Potter à l'école des sorciers*, de JK Rowling, 1997

¹³ Utilisation du réseau social Twitter en classe, comme outil d'écriture et de communication (comptes des classes : @CMndsj et @STBReporter)

¹⁴ Avec la **programmation séquentielle**, on enchaîne les actions sous forme de listes d'instructions. Elle s'oppose à la **programmation événementielle** où ce sont des événements qui déclenchent des actions

La difficulté, par rapport aux défis proposés précédemment était bien plus élevée puisque le degré de réactivité des élèves sur leur programme était crucial : ils devaient programmer les blocs de déplacement de leur robot-balai (Thymio) afin de pousser le « Souafle » dans la cible tout en évitant les autres joueurs et le « Cognard » (Sphero-mini 1), en essayant d'attraper le « Vif d'or » (Sphero-mini 2).

Les bénéfices de ce projet ont été nombreux tant sur la motivation des élèves, le travail de groupes que sur les divers apprentissages. Ils ont été bien identifiés par les enseignantes et par les élèves qui ont eu conscience de travailler dans une dimension interdisciplinaire : les angles et mesures en mathématiques avec les déplacements des robots, la lecture et l'écriture en français, la programmation, l'adaptation des règles du jeu et la mise en pratique en EPS.

En revanche, ce projet ne correspondait pas totalement à une « corésolution créative de problème » envisagée pour cette étude exploratoire. En effet, la solution de la situation-problème avait été anticipée par les médiateurs et les enseignantes. Les robots présentés avaient déjà été testés et sélectionnés pour jouer les rôles de « Vif d'or » ou de « Cognard » et le terrain de jeu avait été conçu par les médiateurs Canopé. La part de créativité des élèves était donc limitée, ce qui ne me permettait pas d'étudier les processus créatifs.

C'est pour cette raison que j'ai envisagé de proposer une autre situation s'appuyant sur des prérequis initiés par le « Quidditch robotique », tout en laissant une part de liberté plus grande aux enseignantes et aux élèves.

Le bilan du projet initial ayant été très positif, les enseignantes ont accepté que leur classe soit le terrain d'expérimentation de ma recherche. Il m'a semblé intéressant de faire de nouveau appel à elles dans le cadre de ce projet de recherche pour plusieurs raisons. Tout d'abord, une relation de confiance s'était instaurée entre nous, lors de nos échanges et pendant les co-interventions en classe. Cette confiance partagée allait nous permettre de co-construire le projet en élaborant ensemble les objectifs et le calendrier des séances. Il m'a paru intéressant également de faire suite au projet « Quidditch », ayant permis la prise en main de matériels robotiques et d'un langage de programmation. Les élèves possédaient

donc déjà des prérequis prometteurs puisque l'objectif principal de mon projet ne portait pas sur la maîtrise de l'outil, ni sur l'attraction des élèves pour celui-ci.

Le terrain d'expérimentation était donc favorable pour ce projet avec des enseignantes en demande et des élèves déjà sensibilisés à la programmation et à un défi de type « technocréatif ».

Le contexte de recherche était le suivant :

- Deux classes de cycle 3 (1 CM1-CM2 et 1 CM2 de 28-30 élèves avec des élèves intégrés au dispositif ULIS¹⁵) de l'école Saint-Jean à Besançon ;
- Des élèves habitués à la démarche de projets et de travail collaboratif (Twictée¹⁶, classe inversée, Projet Minestory¹⁷ ...) ;
- Des élèves ayant déjà participé à un projet transversal avec des robots pédagogiques (Thymio et Sphero mini) en co-intervention avec deux médiateurs Ressources et services numérique éducatif de l'Atelier Canopé de Besançon.

Problématique

J'ai donc demandé aux enseignantes de travailler sur la créativité avec les robots pédagogiques, dans la lignée du « Quidditch robotique » mais, cette fois-ci, avec un objectif de recherche, en s'intéressant aux processus créatifs mobilisés par les élèves.

La problématique est donc la suivante : « Quels processus sont mis en place par les élèves pour résoudre, de manière créative et collaborative, une situation-problème utilisant des robots pédagogiques ? »

Il n'a pas été nécessaire de les convaincre de l'importance de la créativité à l'école, puisqu'elles pratiquent déjà de nombreux projets créatifs. De plus, la recherche sur les processus créatifs, présentait un intérêt pour elles, souhaitant mieux

¹⁵ Depuis 2015, les ULIS (Unités localisées pour l'inclusion scolaire), permettent de scolariser les élèves porteurs de handicap dans des petites unités et/ou intégrés à la classe

¹⁶ <https://www.twictee.org/twictee/>

¹⁷ <https://primabord.eduscol.education.fr/minestory-une-frise-immersive-d-histoire-des-arts>

comprendre ces mécanismes de la créativité chez leurs élèves, dans une démarche de développement professionnel.

En revanche, elles ont rapidement été en demande d'éléments concrets leur permettant de se projeter dans l'activité et la démarche pédagogique.

Le descriptif du projet que je leur ai fourni reprenait les éléments phares de la recherche tout en leur laissant une part de liberté, de manière à intégrer ce projet plus facilement dans leur progression pédagogique.

Les étapes de travail avec les enseignantes, pour élaborer ensemble le projet, en adéquation avec la problématique de recherche, ont été les suivantes :

- Déterminer le thème de la séquence pédagogique : une situation-problème nouvelle proposée aux deux classes dont le thème, le degré de complexité et la mise en œuvre favoriseraient la créativité
- Établir un calendrier des séances en classe dédiées au projet et des séances d'observation et d'échanges (sur la période 3 : janvier-février)

C'est bien le thème de la séquence qui a été le plus difficile à déterminer. Plusieurs idées ont émergé, soit à dominante artistique (créer une œuvre d'art interactive et numérique, un spectacle autonome/automatisé, la scène d'un film à effets spéciaux avec des robots...), soit à dominante scientifique (imaginer un réseau de transport en miniature, reproduire le comportement d'insectes pollinisateurs ou le fonctionnement du corps humain, imaginer une armée de robots nettoyeurs de classe...). Quelques éléments ont été précisés pour aider à la réflexion :

- Proposer aux élèves l'utilisation de robots pédagogiques de leur choix (dans un panel de robots fournis)
- Éviter un projet trop ambitieux dans sa réalisation (notamment en fabrication de décors ou costumes, chronophage)
- Préciser un contexte afin que les élèves prennent une direction et ne s'éparpillent pas (notamment pour un spectacle).

La décision a été prise de manière consensuelle en conjuguant les idées et les contraintes des deux enseignantes. Elles ont souhaité intégrer une dimension artistique, favorisant la créativité, tout en faisant le lien avec un projet scientifique et

d'éducation au développement durable. En effet, un des projets de l'école était l'installation d'un hôtel à insectes avec intervention d'un animateur pour sensibiliser les élèves. Le choix s'est donc porté sur les insectes pollinisateurs et la réalisation d'un spectacle.

Le défi à relever s'est précisé pour aboutir à la consigne : « Réaliser un spectacle joué par des robots représentant le comportement des insectes pollinisateurs ».

Nous nous sommes appuyées sur les caractéristiques et composantes nécessaires pour les défis technocratifs avec la robotique pédagogique (Kamga et *al.*, 2017, cités par Romero, Lille et Patiño, 2017, p. 75) :

- Caractéristiques générales : organisation par équipes, nouvelle tâche (la solution n'est pas connue d'avance), activité pratique (manipulations), problème complexe
- Établir et maintenir une compréhension partagée
- Déterminer les actions appropriées pour résoudre le problème
- Établir et maintenir l'organisation de l'équipe...

Scénario pédagogique

Nous avons déterminé un calendrier des séances avec les enseignantes pour mener à bien ce projet. Les étapes ont été élaborées en s'inspirant des modèles proposés en *design thinking* et en suivant les *macroprocessus* décrits précédemment : inspiration – idéation – prototypage – test

Calendrier des séances

Phases créatives	Lieu	Dates	Consignes
Phase problématique et phase inspiration	à l'école	31/01 matin	« Vous allez chercher toutes les informations qui vous seront utiles pour réaliser votre projet, vous prendrez des photos et des captures d'écran des éléments intéressants et noterez les mots-clés de votre recherche. »
phase recherche/idéation	à l'ESPE Besançon (Classe Laboratoire)	7/02 matin	« A partir des recherches que vous avez faites, proposez toutes les idées possibles pour réaliser le spectacle. Notez vos idées en les listant avec des mots ou des phrases et en les organisant. »
phase convergente et phase de prototypage	à l'ESPE Besançon (Classe Laboratoire)	14/02 matin	« choisissez une des idées proposées puis mettez-la en forme (réalisez une affiche, maquette simple, mimes ou jeux de rôles ...) »
Phase test	à l'école	21/03 matin	« Testez l'idée choisie en utilisant le matériel et réalisez des fiches-tutoriels pour vos camarades »
Phase convergente + phase test	à l'école	28/03 matin et après-midi	« Réaliser un story-board commun du spectacle en intégrant la programmation des robots »
Réalisation finale	à l'école	1/04	« Réalisez et filmez chaque scène du spectacle »

Les enseignantes et moi-même avons, au préalable, passé en revue les conditions nécessaires à la créativité :

- un environnement propice (adaptabilité et flexibilité de l'agencement du lieu et du mobilier, mobilité permise),
- une mise en sécurité affective,
- une phase d' « échauffement » avec des exercices « brise-glace »,
- un contrat de créativité, (« Tout est possible », « on ne bride aucune idée », « on ne juge pas et on n'a pas peur du jugement des autres »)
- un « étayage créatif » de la part de l'enseignant (ne pas proposer ses propres idées, utiliser des mots inducteurs comme point de départ à une association d'idées pour relance, si besoin)

Phase d'inspiration

La première séance du 31 janvier 2019 comportait deux étapes : la problématique et l'inspiration. Il s'agissait pour les élèves de comprendre la situation-problème, d'identifier les mots-clés et de procéder à une recherche pour récolter les connaissances dont ils auraient besoin. Il avait été convenu avec les enseignantes qu'elles ne proposeraient pas de documents qui auraient risqué d'induire des réponses et d'orienter les idées des élèves. En apportant les documents, les enseignantes auraient essayé d'imaginer les besoins des élèves et auraient anticipé des questions et demandes non formulées encore.

Aux élèves de s'interroger face à la problématique et d'identifier leurs besoins, de chercher par eux-mêmes des réponses à leurs questions et de nourrir l'inspiration par leurs recherches.

Cette séance fait partie des étapes définies dans les *macroprocessus* qui décomposent, selon le modèle de Wallas, en quatre étapes, le processus créatif : préparation, incubation, illumination et vérification.

Selon ce modèle, l'individu créatif commence son processus par la phase de « préparation » qui consiste à identifier les difficultés, à récolter des informations et à acquérir des connaissances de manière rigoureuse. Ces éléments seront primordiaux pour résoudre le problème identifié.

Il s'agit également d'un enjeu majeur dans l'éducation et plus précisément en éducation aux médias et à l'information qui consiste à amener les élèves, citoyens de demain, à identifier et à exploiter les informations qu'ils peuvent trouver.

Les consignes données restaient assez floues pour ne pas trop orienter la recherche : noter les mots-clés, prendre des notes s'ils le souhaitent et procéder à des captures d'écran systématiques des éléments qui leur semblaient intéressants. Il a bien été précisé aux élèves que tous ces éléments de recherche allaient leur servir pour la réalisation de leur projet.

L'activité a duré environ 1h et s'est déroulée de la manière suivante :

1. Le projet a été présenté à la classe. Un support de présentation a été projeté (voir Annexe 2). Il s'agissait d'un document imagé présentant les objectifs sous forme de dessin. Ce support est venu en appui de la consigne orale et a servi de fil conducteur tout au long du projet.
2. Les élèves qui avaient déjà participé au projet « Quidditch avec des robots » (voir plus haut) et me connaissaient n'ont pas été surpris par la démarche. Ils ont manifesté de l'intérêt en posant beaucoup de questions, notamment sur les robots. « *Quels robots ? Ils font quoi ? Combien de robots ? C'est quoi les robots qu'on ne connaît pas ?* ». Les questions posées marquaient aussi une attente plus précise en termes de consignes. Les élèves ont semblé déstabilisés par la consigne ouverte et peu détaillée. Ils attendaient des instructions plus fines de la part des adultes « *Qu'est-ce qu'on va devoir faire ? Est-ce qu'on fait un spectacle par groupe ou un pour la classe ? On fait quoi comme recherche ?* ». Les enseignantes et moi-même avons répondu aux interrogations des élèves en les rassurant et en rappelant régulièrement que nous allions les accompagner dans leur démarche sans avoir la réponse, ni sans avoir d'attentes précises en termes de production finale.

Nous en avons discuté longuement lors des séances préparatoires et j'ai beaucoup insisté sur cette exigence, m'appuyant sur les éléments théoriques convoqués. Le feedback de l'enseignante devait encourager et accompagner le processus des élèves sans l'orienter d'une manière ou d'une autre. Pour cela, lorsque la situation-problème a été déterminée, et alors que nous cédions au réflexe d'imaginer ce que les élèves feraient, nous avons volontairement stoppé cette projection pour ne pas influencer les élèves, même inconsciemment. Les enseignantes ont tenu compte de cet élément essentiel à la recherche et tenté de ne pas trop interférer dans les choix des élèves. C'est ce qui leur a semblé le plus difficile. Elles m'ont fait part de leur ressenti en expliquant se trouver quelque peu déstabilisées. Elles ont eu l'impression de partir vers l'inconnu, sans savoir quels chemins les élèves allaient prendre et sans maîtriser le déroulé. On remarque ainsi que le *contrat didactique* n'est pas aisé dans ce genre de projet.

3. Le matériel a été distribué, à savoir un petit classeur A5 pour prendre des notes et ranger des documents de travail et deux tablettes en moyenne par groupe de quatre à cinq élèves.
4. Les groupes ont été constitués en laissant les élèves déterminer eux-mêmes les modalités idéales : par affinités essentiellement, avec des contraintes supplémentaires en CM1-CM2 comme la mixité et une répartition des CM2 dans tous les groupes.

Une fois les groupes prêts, le travail des élèves s'est mis en place assez rapidement avec une autonomie visible dans le travail de groupe et la gestion des matériels numériques (ouvrir le navigateur, procéder à la recherche, aller chercher un dictionnaire, prendre des photos ou envoyer les documents) ainsi que des déplacements dans les espaces de travail. Les enseignantes, après avoir donné les consignes globales de travail et de fonctionnement, ont choisi une posture d'accompagnement en passant d'un îlot à l'autre pour s'assurer que tous les groupes travaillaient selon la consigne donnée. Elles ont essentiellement géré la mise en place des groupes, guidé des élèves en difficulté, aidé à reformuler la consigne, accompagné la gestion du matériel et relancé si besoin des élèves qui se dispersaient.

À la fin de la séance, les documents de travail ont été rangés et un premier bilan a été fait. Les données récoltées étaient constituées des historiques de recherche (à partir du navigateur des tablettes mises à disposition dans la classe, les captures d'écran des tablettes réalisées par les élèves au fur-et-à-mesure de l'avancée de leurs recherches et les documents produits par les élèves (prise de notes, dessins).

Phase d'idéation

La phase d'idéation, c'est-à-dire, la phase divergente de recherche d'idées a eu lieu le 7/02 en classe Laboratoire à l'ESPE de Besançon. L'utilisation de ce lieu avait un double objectif : récolter des données vidéo et audio pour les besoins de la recherche et également permettre aux élèves de travailler dans un autre environnement que la salle de classe afin d'encourager leur créativité dans un

environnement propice aux échanges, aux déplacements avec une dimension nouvelle et moins scolaire.

Il est apparu nécessaire de mettre en place une activité d'échauffement de type « brise-glace » pour les placer dans les conditions optimales d'émergence d'idées. D'après E. De Bono (2013), la créativité ne va pas de soi, il faut forcer le cerveau à accéder à la pensée créative en réduisant les inhibitions et en essayant de contrer la *fixité fonctionnelle*¹⁸.

C. Pacteau, T. Lubart et A-Y. Jacquet (cités par Lubart et Pacteau, 2005) ont ainsi expliqué l'importance de développer l'« aptitude à appréhender les mêmes objets sous des angles différents, alliée à la sensibilité au changement et à la capacité à se dégager d'une idée initiale pour explorer de nouvelles pistes. »

J'ai donc choisi comme brise-glace une technique de créativité adaptée aux besoins du projet appelée « Ceci n'est pas un trombone » :

Plusieurs objets ont été présentés aux élèves : un lot de petits objets du quotidien a été disposé sur une table au centre de la salle (un trombone, un capuchon de stylo, une gomme ...). Chaque élève devait venir choisir un objet et le présenter à la classe en disant « *Ceci n'est pas (nom de l'objet), c'est (détournement imaginé)* ». Les élèves d'abord hésitants ont pris goût au jeu et ont imaginé des détournements à la fois drôles et poétiques. « *Ceci n'est pas une gomme, c'est une machine à remonter le temps* », « *Ceci n'est pas un aimant, c'est la Porte Noire*¹⁹ *miniature* ». Les élèves ont été sollicités pour expliciter l'intérêt de l'activité. Certains élèves ont verbalisé que cet exercice leur permettait de laisser libre cours à leur imagination et leur permettait de s'entraîner à formuler plein d'idées de la même manière que ce qu'on allait leur demander dans l'activité.

Certains exercices de créativité consistent à « détourner des objets, des gestes ou des situations de leur fonction première, et donc des normes implicites, ce qui permet de les questionner et de s'en détacher » (Aden sous la direction de Capron Puozzo, 2016, p 111) ; il s'agissait bien de provoquer chez les élèves un questionnement vis-à-vis des usages pour les amener à penser autrement. L'objectif de cette activité se rapproche du test créé en 1967, par le psychologue Guilford, le test des usages alternatifs (« Alternative Uses Test ») qui

¹⁸ En psychologie, théorie découverte par Karl Duncker en 1945 lors de son test de la bougie, qui démontre l'incapacité à penser autrement.

¹⁹ Arc de triomphe gallo-romain situé à Besançon

consistait à imaginer autant d'utilisations possibles à un objet banal comme un trombone, une chaussure ou une brique.

À la suite de cette activité d'échauffement, les élèves ont été invités à noter toutes les idées « Notez tout, laissez venir les idées même celles qui vous semblent farfelues ! ». Cette phase avait pour objectif d'encourager la pensée divergente chez les élèves pour qu'ils soient en mesure de générer de nombreuses idées. (voir Annexe 3)

La consigne suivante donnée aux élèves consistait à reprendre les idées inscrites, à faire des choix et à les catégoriser. Cette phase convergente s'est matérialisée par une carte mentale et incitait les élèves à déterminer les idées à retenir en les classant (voir Annexe 4). La carte mentale, outil schématique qui structure les idées en représentant visuellement le parcours associatif de la pensée, devait aider les élèves dans leur démarche et m'apporter un éclairage sur les processus mis en œuvre. Dans le concept du « Mind Mapping », créé par Tony Buzan dans les années 1970, la forme arborescente contribue à l'émergence d'idées et au classement par association. Cette forme visuelle permet au cerveau de développer cette « pensée irradiante » qui part de l'idée principale pour aller dans de multiples directions vers des idées secondaires. Les microprocessus créatifs c'est-à-dire les mécanismes sous-jacents à la création d'idées qui ont été étudiés ont fait apparaître trois processus : la pensée divergente, la pensée associative et la pensée convergente. La carte mentale ou « Mind Map » peut favoriser les associations entre les idées et la combinaison entre des éléments distincts, développant ainsi la créativité.

Phase de prototypage

Le 14/02, les élèves se sont rendus dans la classe Laboratoire à l'ESPE de Besançon pour poursuivre leur projet. Une activité d'échauffement a, de nouveau, été proposée essentiellement pour redynamiser le groupe et l'intérêt des élèves pour le projet. Ce défi sur les insectes pollinisateurs visait à stimuler le groupe en début de séance en encourageant l'interaction et en rappelant les notions clés du projet traité.

L'activité qui ne devait pas durer plus de 15 minutes a mis au défi les élèves qui s'affrontaient par équipe en essayant de deviner, par une série de questions, de quel insecte pollinisateur, l'équipe adverse avait hérité.

Ensuite, les élèves, reprenant par groupe leurs documents de travail et tablettes, ont précisé leurs idées sur une carte mentale et réalisé un prototype du scénario imaginé (voir [Annexe 5](#)). Consigne : « choisir une des idées proposées puis la mettre en forme (réaliser une affiche, une maquette simple, mimer...) »

Les élèves avaient à leur disposition : de grandes affiches de papier, des feutres, des post-it, des planchettes de bois (Kapla), des briques (Lego) et autres petits objets, des tableaux blancs.

Dans une approche constructiviste, héritée de Piaget, l'apprentissage par la pratique permet de mobiliser les élèves. Fiorella et Mayer (2015, cités par Tricot, 2017 p. 18) proposent de classer en huit grandes catégories ces activités qui rendent les élèves cognitivement actifs : résumer, cartographier, dessiner ou schématiser, imaginer, auto-évaluer, auto-expliquer, expliquer à autrui, agir physiquement.

Prototyper l'idée permet donc aux élèves d'être cognitivement actifs et de donner une première forme tangible et concrète de leur idée pour mieux l'appréhender. Le prototype induit de pouvoir corriger ou enrichir l'idée. Cette première version « brouillon » du projet allait obliger les élèves à valider de manière collective leurs choix. En donnant « corps » à l'idée, ils pourraient ainsi identifier plus facilement les difficultés ou imprévus.

Phase de test

Cette phase a amené les élèves à tester leur idée en incluant les contraintes matérielles et leur a permis, dans une démarche itérative, de valider ou de corriger leur projet.

Deux séances test étaient prévues à l'école avant de passer potentiellement à une réalisation finale. Cette phase a fait l'objet de nombreuses discussions et a beaucoup évolué en fonction des avancées de chaque classe dans le projet.

Les élèves devaient tester les fonctionnalités des robots pour vérifier si la programmation du robot était cohérente avec l'idée choisie. Les robots étaient présents dans la classe depuis le début du projet mais aucune séance spécifique de programmation n'avait été réalisée. Lors de la phase « prototypage », seuls certains élèves avaient placé le robot dans leur maquette pour vérifier la cohérence d'ensemble et avait testé quelques déplacements. Par ailleurs, les deux classes n'avaient pas avancé de la même manière dans l'appropriation des robots. Les élèves de CM2, dès la première séance, se sont intéressés de près aux robots et ont, à plusieurs reprises, été chercher des informations les concernant (vidéos, tutoriels ou conseils). Ils ont donc acquis une certaine expertise dans le domaine en manipulant les robots. L'enseignante de CM2 avait conservé dans sa classe le panel de robots proposés pour le projet. Nous avons volontairement laissé les robots sans « mode d'emploi » (et fiche procédurale) afin de ne pas anticiper les demandes des élèves, ce qui aurait limité la découverte empirique par tâtonnement. La connaissance des fonctionnalités et des contraintes de programmation des robots devait désormais être abordée dans cette étape « test » du projet.

Les élèves avaient imaginé un spectacle intégrant un insecte auquel ils avaient associé un robot par rapport à son apparence ou sa taille. Même les élèves de CM2 n'avaient testé que de manière superficielle les fonctionnalités des robots sans réellement faire de lien avec leur idée de spectacle. Ils n'avaient pas encore scénarisé le spectacle en intégrant la programmation étape par étape des robots. Ils s'amusaient à regarder comment ils fonctionnaient par curiosité et construisaient leurs maquettes mais sans faire de lien avec le scénario du spectacle. Les

enseignantes étaient inquiètes de ne pas maîtriser l'ensemble des fonctionnalités des robots et de ne pouvoir aider les élèves dans cette tâche. Il a donc été rappelé que ce qui importait dans cette activité, c'était d'identifier les connaissances des élèves en matière de programmation et leurs besoins pour le projet, sans catalogue exhaustif de fonctionnalités.

Le 21/03, les élèves de CM2 ont réalisé des « cartes d'identité » des robots (voir Annexe 6), et fiches-technique à partir de leurs recherches et expérimentations pour que les élèves de CM1, ayant très peu manipulé les robots, puissent avoir une connaissance suffisante de ces matériels pour leur projet.

Le 28/03, les élèves ont finalisé leur idée de spectacle en intégrant les contraintes de programmation des robots. Sous la forme d'un storyboard, les élèves ont décomposé les étapes du spectacle (voir Annexe 7) et choisi les robots et rôles à jouer. Ils ont ensuite sélectionné un scénario commun pour la classe et se sont répartis le travail. Ils ont testé leur scénario en programmant les robots et ont procédé aux dernières modifications et aux derniers réglages. Le spectacle filmé a eu lieu le 1/04, en classe²⁰.

Méthodologie

Ce projet s'inscrit dans le registre de la recherche exploratoire descriptive : l'idée est de circonscrire un objet de recherche, définir de nouvelles pistes, identifier une méthode appropriée à l'objet et à nos objectifs de recherche. L'usage des techniques de créativité et l'étude de ces usages semblent peu documentés et il a été difficile de déterminer un cadre d'analyse précis. Pour identifier les mécanismes de la créativité dans le contexte défini pour cette étude, il était important de formuler des pistes de recherche, de clarifier les étapes et de documenter le processus. Les méthodes d'analyse ont donc été extrêmement variées selon les éléments observés et récoltés. C'est vers l'analyse qualitative que je me suis tournée pour déduire des conclusions de ces observations et données.

²⁰ Spectacle filmé des CM1-CM2 : <https://vimeo.com/344767055> : consulté en juillet 2019

Observation et captations audio/vidéo

Pour cette recherche exploratoire, j'ai souhaité être présente de manière systématique lors des séances de créativité propres au projet pour procéder à une observation directe et récolter un maximum de données.

L'observation directe consistait à examiner le fonctionnement global de la classe (installation des groupes, du matériel), les déplacements individuels et mouvements dans les groupes, la posture de l'enseignante, les interactions entre élèves et avec le professeur.

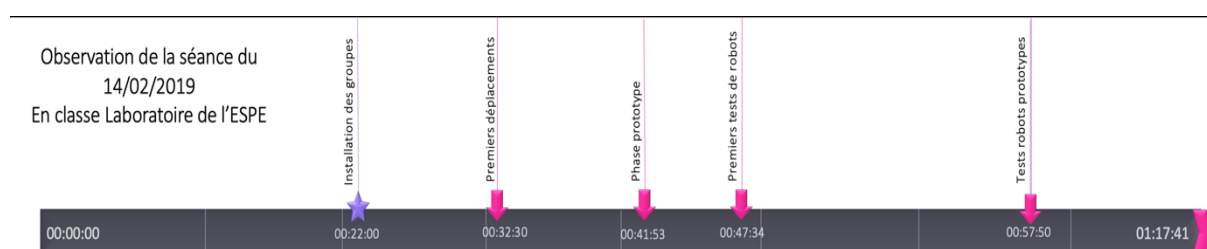
En classe Laboratoire, il a été facile d'observer la séance depuis la régie, sans interférer, et en pouvant zoomer grâce aux caméras. Il était également nécessaire d'entendre les échanges entre élèves notamment pour la phase d'idéation. Des groupes qui avaient été identifiés lors de la première séance du 31/01 comme présentant une attitude particulière ou ayant produit des traces spécifiques ont donc été munis d'un dictaphone.

Les données audio récoltées se sont révélées très intéressantes et primordiales pour comprendre les processus engagés par les élèves. Les captations vidéo réalisées en Classe Laboratoire grâce aux quatre caméras zoomant sur les groupes ont été couplées aux captations audio des dictaphones. Ces données ont permis de visualiser les déplacements des élèves dans le groupe et dans la salle, leur appropriation des matériels pédagogiques ainsi que les échanges verbaux entre eux.

Il s'agissait, en utilisant les équipements de recherche de cette salle, d'obtenir des captations vidéo et audio permettant d'analyser les processus créatifs. La complexité de l'analyse tenait au fonctionnement même d'un groupe-classe. Les captations vidéo proposées depuis les quatre angles (caméras 1 à 4) ont permis de repérer comment les élèves se comportaient dans cette salle. Il s'agissait de procéder à une lecture comparée rigoureuse des données récoltées pour les analyser finement au regard du fonctionnement global de la classe : trace écrite (dessin, texte) / interactions (enregistrement audio) / déplacements et utilisations du matériel et des robots (vidéo) / entretien d'autoconfrontation (vidéo).

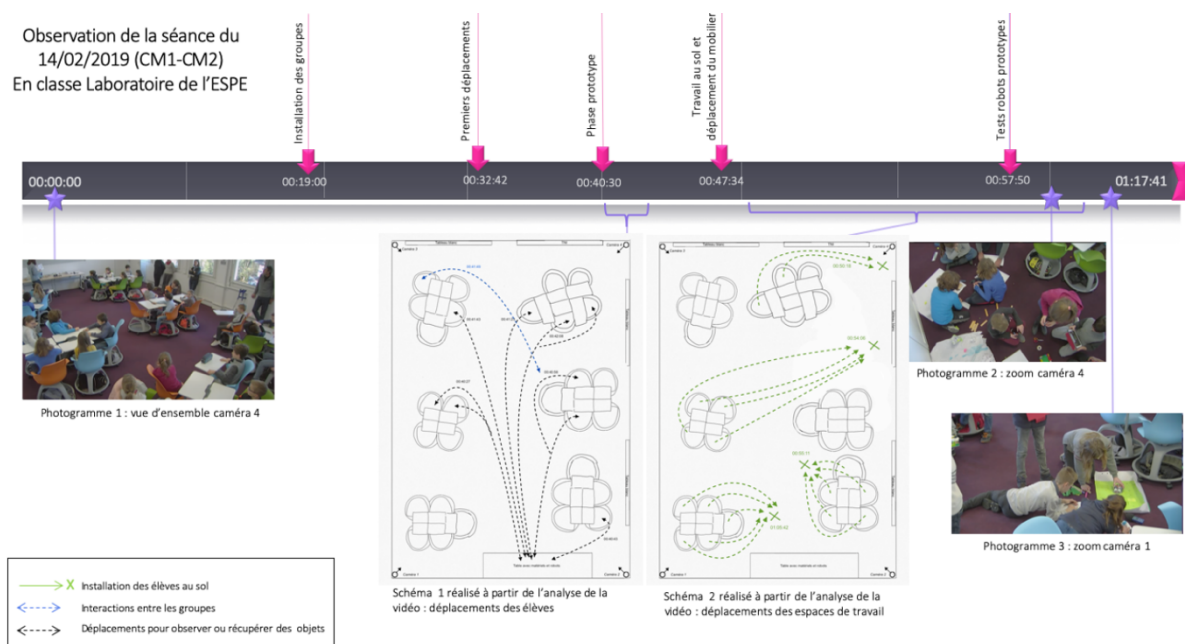
L'analyse des vidéos de la classe Laboratoire s'est ainsi portée sur les déplacements et sur l'utilisation particulière des équipements mis à disposition des usagers (tableau blanc, chaises Node...). La vidéo a été visionnée de manière à identifier les étapes de la créativité dans la classe (phases d'échanges, phases de prototypage ...) ainsi que des attitudes particulières (utilisation du matériel, déplacements...). Sur le temps de captation (environ 1h17), une frise a donc été représentée pour délimiter les étapes de travail des élèves (voir [Annexe 9](#)).

Exemple : frise représentant les étapes de travail des CM2 observées dans la vidéo du 14/02



Les différentes phases de travail ont ainsi pu être identifiées comme la « phase prototype » à 00:40:30 pour les CM1-CM2, par exemple. Puis, de manière plus fine, une représentation schématique de la salle a permis de retracer les déplacements des élèves, les interactions entre les groupes et l'utilisation du matériel. Pour cela, des moments de la vidéo ont été isolés selon plusieurs critères : l'étape de travail déterminante, une utilisation particulière de la salle (utilisation des tableaux blancs pour les CM2 à 00:34:19 par exemple ou l'installation au sol pour les CM1-CM2 à 00:50:18).

Exemple : frise, schémas des déplacements et photogrammes représentant les étapes de travail des CM1-CM2 observées dans la vidéo du 14/02



Ces schémas et photogrammes représentent ainsi des observations minutées selon des éléments précis. Ce schéma créé à partir d'outils de dessins (*Sketches Tayasui*, *Aperçu MacOs*) ainsi que des photogrammes réalisés à partir des caméras de la salle ont permis de compléter la frise chronologique.

Dans l'école, l'observation a été plus délicate à cause du manque de place et de ma présence dans la salle. En début d'année, j'étais intervenue dans l'école pour travailler en atelier avec ces élèves sur le projet « Quidditch robotique ». L'accueil chaleureux des élèves dans leur classe a été un élément facilitateur pour les observer sans qu'ils craignent mon regard ou mon jugement. La mise en sécurité affective, condition nécessaire à la créativité, était donc bien présente. Toutefois, cette confiance a également été un frein pour l'observation. Les élèves n'hésitaient pas à me solliciter pour me poser des questions ou me demander mon avis. Je ne pouvais me décentrer de l'activité ni me concentrer complètement sur l'observation. J'ai donc pris le parti de filmer les séances à l'aide d'une caméra sur trépied pour essayer de capter ce que j'aurais pu manquer pendant la séance.

Tous les documents de travail produits par les élèves ont été récoltés également aux fins d'analyse et de concordance avec les observations directes et les vidéos.

Productions des élèves

Tous les documents de travail ont soit été récoltés physiquement (dessins, cartes mentales papier...) soit le plus souvent numériquement pour des raisons pratiques (captures d'écran et photos des traces produites). Les vidéos des phases tests, réalisées par les élèves, ont également été récupérées.

Liste des données recueillies à partir des productions des élèves :

Phases créatives	Lieu	Dates	Données récoltées
Phase problématique et phase inspiration	à l'école	31/01 matin	- Captures d'écran des pages de recherche - Prise de note des élèves (mots-clés) - Dessins
Phase recherche/idéation	à l'ESPE	7/02 matin	- Liste d'idées - Carte-mentale 1
Phase convergente et phase de prototypage	à l'ESPE	14/02 matin	- Carte-mentale 2 (papier et numérique)
Phase test	à l'école	21/03 matin	- Fiche-tutoriel des robots
Phase convergente + phase test	à l'école	28/03 matin et après-midi	- Storyboard groupe + storyboard classe - Vidéos

Les documents ont, dans un premier temps, été archivés par activité et par classe. Ils ont également été classés par groupe chronologiquement dans une logique de progression de la démarche créative.

Entretiens d'autoconfrontation

Des entretiens d'autoconfrontation ont également été menés pour confirmer ou infirmer des hypothèses faites lors de l'analyse des vidéos, des enregistrements audios et des productions récoltées (voir [Annexe 11](#)). Certaines séquences vidéo ont été isolées pour être montrées aux élèves lors de ces entretiens.

Theureau (2010) définit cette méthode comme une remise en situation par « des observations et/ou enregistrements du comportement ». La réflexion que doit mener l'interrogé porte sur l'activité et non pas sur le « Moi ». Il doit se contenter de décrire les actions en les explicitant sans chercher à se justifier ou à enjoliver la situation. « L'autoconfrontation ne peut atteindre ses objectifs que si elle instaure un contrat avec l'acteur : accord pour se remettre en contexte et expliciter sa conscience

préréflexive... » (Theureau, 2010, p. 18-19). Le choix a été fait d'interroger les élèves par groupe, pour faciliter les échanges et éviter une angoisse trop importante. Malgré cela, les élèves ont exprimé leur inquiétude face à cet exercice. Il a été nécessaire de les rassurer pour que la parole ne soit pas bloquée par la peur de « mal répondre » et qu'elle se libère.

Pour éviter un délai trop long entre l'action et l'entretien, ces séances ont eu lieu peu de temps après les séances filmées. Il s'agissait d'éviter une perte de détails et d'informations liée à l'oubli des élèves.

Il s'est avéré difficile pour les élèves de prendre du recul face à leur propre activité, dans ces entretiens d'autoconfrontation. Certains élèves sont restés dans la description de ce qu'ils voyaient à l'écran.

Ils ont, pour la plupart, vécu l'échange avec appréhension et je ne voulais pas les mettre en difficulté en poussant les questions plus avant. Certains, plus à l'aise, ont pris plaisir à « raconter » ce qu'ils avaient fait.

Avec des élèves de cet âge, il est apparu plus probant de procéder à la transcription et à l'analyse des enregistrements audio et vidéo réalisés pendant l'activité. Ces entretiens d'autoconfrontation ont permis néanmoins de confirmer certaines hypothèses et de mieux comprendre certains échanges identifiés. C'est ce que j'ai constaté lorsqu'une élève explique dans l'entretien d'autoconfrontation qu'elle vient voir les robots pour déterminer, selon leur nombre et leur physique, le type d'insectes à choisir pour le projet. Cette explication ne transparaissait pas dans les enregistrements effectués pendant l'activité car cette élève ne verbalisait pas auprès de ces camarades le cheminement logique qu'elle opérait.

Sondage

Un questionnaire-sondage a été proposé par les enseignantes à la toute fin du projet. Il a été demandé aux élèves d'être parfaitement objectifs. Les questions étaient les suivantes :

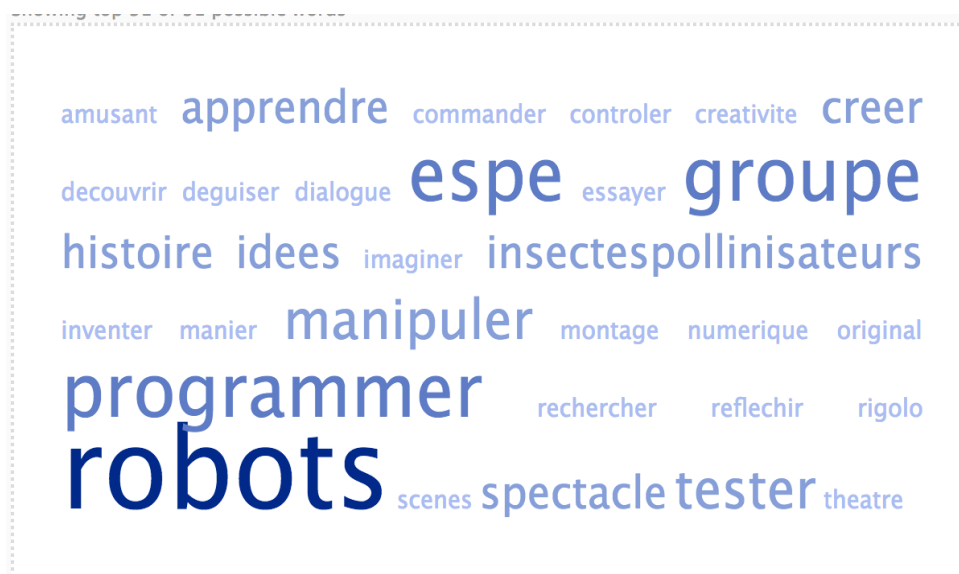
- Est-ce que le projet vous a plu ?
- Pourquoi ? Qu'est-ce que vous avez préféré ?
- Quand avez-vous été le plus créatif ?
- Qu'est-ce que les robots ont apporté ?
- Quelles ont été les difficultés ?

Pour permettre aux élèves de s'exprimer librement, nous avons opté pour un sondage en cinq parties seulement, avec des questions ouvertes. La difficulté d'un sondage aux questions ouvertes est son analyse car le matériau recueilli, le verbatim, ne peut pas être facilement exploité. J'ai d'abord procédé à une lecture d'ensemble des réponses pour me faire une idée globale du contenu et me l'approprier avant de procéder à l'analyse.

J'ai ensuite traité chaque question avec un repérage des occurrences lexicales et une analyse comparative des différentes réponses, en recopiant les données dans un nouveau fichier (tableur *Numbers* et nuage de mots *TagCrowd*) permettant le traitement de ces données. Pour le classement par tableaux, les termes ont été notés puis classés par thématiques. Je n'ai pas fait de distinction entre les deux classes (CM1-CM2 et CM2), ne considérant pas que cette séparation pouvait apporter des éléments supplémentaires pour l'analyse et souhaitant obtenir des résultats probants avec un nombre de réponses important.

L'analyse de ce sondage (voir [Annexe 8](#)) avait pour objectif de dégager les idées-clés retenues par les élèves qu'ils ont pu verbaliser dans ce questionnaire. 46 élèves, en tout, étaient présents et ont participé au sondage. Les réponses ont révélé que sur ce panel d'élèves interrogés, 87% ont apprécié le projet (dont 30% en employant des superlatifs tels que « beaucoup », « extrêmement ») et 11% ne l'ont pas apprécié.

Les justifications apportées par les élèves, ayant un avis positif, ont été synthétisées selon le nombre d'occurrences lexicales dans un nuage de mots.



Nuage de mots des réponses au sondage, à la question
« Qu'est-ce que vous avez préféré dans ce projet ? »

Ce nuage de mots fait apparaître ce qui a remporté du succès auprès des élèves. Trois éléments s'en dégagent : la programmation des robots, le travail de groupe et les séances effectuées à l'ESPE. On remarque également dans cette analyse qu'un certain nombre de verbes (tester, manipuler, créer, apprendre...) sont utilisés pour justifier leur satisfaction, montrant ainsi la conscience qu'ils ont eu d'une mise en action importante dans ce projet. Les insectes pollinisateurs et le spectacle sont bien présents mais passent au second plan.

Ceux à qui le projet n'a pas plu se sont exprimés ainsi : « *Parce qu'il fallait ne choisir qu'un seul spectacle à la fin* » ; « *Je n'aime pas trop la programmation* » ; « *c'était difficile* » ; « *Les robots ce n'est pas trop mon truc.* ». La programmation des robots a donc été l'élément majeur du projet pour les élèves en positif ou négatif.

Pour la créativité, les réponses ont été plus variées et ont fait davantage la part belle aux autres aspects du projet (spectacle et créations plastiques). Il était d'ailleurs intéressant de constater ce que représentait l'expression « être créatif » chez les élèves à la fin d'un projet tel que celui-là. Les réponses des élèves à la question « Quand avez-vous été le plus créatif ? » se focalisent sur trois aspects :

- Les lieux (l'ESPE ayant été un élément marquant pour eux, mais aussi une réponse concernant la « maison » montrant la porosité entre le projet scolaire et la sphère familiale)
- La fabrication plastique (déguisements des robots, construction de maquettes, du décor ...)
- L'écriture et la réalisation du spectacle

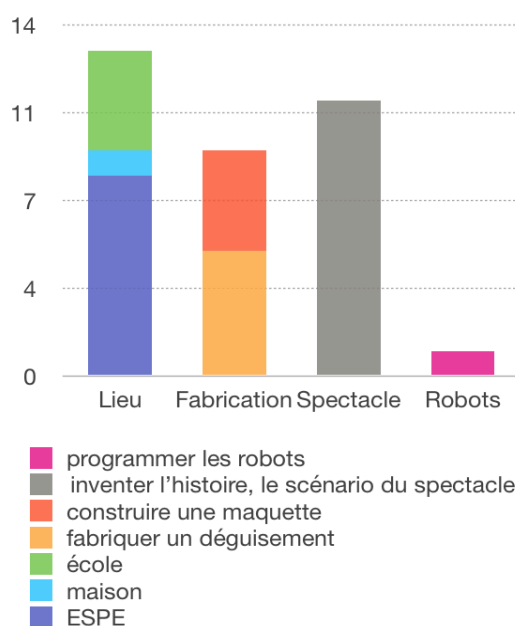


Diagramme thématique des réponses à la question « Quand avez-vous été le plus créatif ? »

On constate ainsi que, pour ces élèves, la créativité réside autant dans la fabrication d'éléments matériels que dans la recherche d'idées et l'écriture du scénario du spectacle. Il aurait été intéressant de questionner ces élèves en amont du projet pour pouvoir observer s'il y avait eu une évolution dans leur perception de la notion de créativité entre le début et la fin du projet.

Les robots, même s'ils sont peu présents dans les réponses portant sur la créativité, sont considérés comme des éléments facilitateurs à la question suivante. Les élèves évoquent l'« aide » apportée par les robots dans la recherche d'idées ou la création du spectacle, notamment pour incarner des personnages insectes-pollinisateurs. Outre l'apprentissage de la programmation des robots, ils citent l'apport des robots dans la réalisation du projet en termes de qualité (« beauté du spectacle ») et d'« originalité ». Quelques élèves évoquent, malgré tout, les difficultés rencontrées avec la programmation des robots qui ont donné à certains

« du fil à retordre » sans qu'il soit possible de déterminer avec ces réponses, si ces difficultés ont été considérées comme bloquantes ou stimulantes.

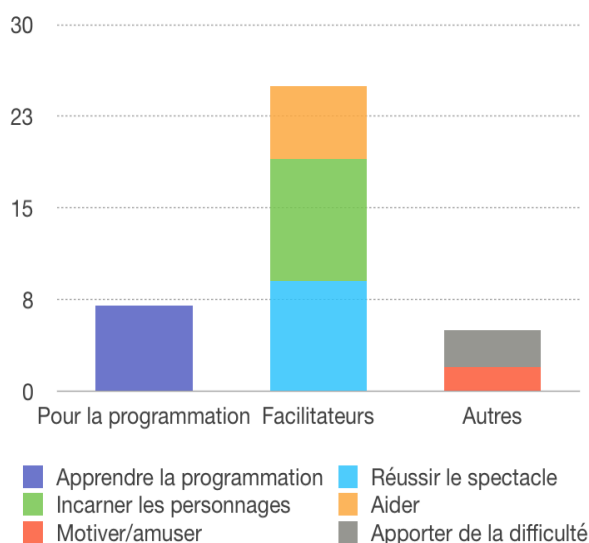


Diagramme thématique des réponses à la question « Qu'est-ce que les robots ont apporté ? »

Méthode d'analyse

J'ai procédé à une analyse qualitative de ces différents matériaux en me focalisant davantage sur les données vidéo et audio ; les productions des élèves et entretiens d'autoconfrontation étant davantage utilisés pour confirmer ou infirmer des hypothèses et mieux comprendre les processus observés.

Analyse et résultats

Le potentiel créatif du groupe

L'analyse des données recueillies nous permet donc de dégager un certain nombre de conclusions qui répondent à la problématique de départ : « Quels processus sont mis en place par les élèves pour résoudre, de manière créative et collaborative, une situation-problème utilisant des robots pédagogiques ? ». Je me suis appuyée sur les *microprocessus* décrits par Lubart pour identifier les mécanismes de la créativité dans une telle activité. La difficulté et la richesse de ce projet résident dans sa dimension collective et sa durée. En effet, il était difficile d'identifier une action précise pour mesurer les processus créatifs qui se décomposent tout au long du projet. Pour observer tous les mécanismes sur un temps limité, il aurait été

nécessaire de mettre en place un projet de type Hackathon, plus contraint. Cette modalité place les participants dans une démarche créative active pendant une journée. En revanche, ce type de modalité, limité dans la durée et nécessitant une logistique importante, n'aurait pas permis l'intégration progressive des robots dans le projet et s'éloigne beaucoup d'un fonctionnement scolaire traditionnel. Le choix s'est porté, en accord avec les choix pédagogiques des enseignantes, sur un calendrier intercalant les séances propres au projet avec les autres enseignements, à raison d'une à deux séances par semaine. De même, le nombre d'élèves et la dimension collective ont dû être pris en compte dans l'analyse des données. Le fait d'observer et de récolter les données des 56 élèves de CM1-CM2 a permis de constituer un corpus suffisant pour mener cette analyse. Toutefois, sur certains microprocessus, notamment l'étude de la pensée divergente, je me suis concentrée sur deux groupes par classe pour constituer le verbatim. De même, la dimension collective du projet a orienté les choix du type de données récoltées, en privilégiant des enregistrements audio et vidéo du groupe classe et des sous-groupes. Les interactions dans les groupes étaient primordiales pour identifier les mécanismes créatifs liés à la collaboration.

Analyse des microprocessus

La pensée divergente peut être définie comme la capacité à générer des idées nouvelles mais aucun consensus n'a été trouvé pour l'évaluer. Des tests ont été menés pour évaluer la pensée créative et notamment la capacité à produire une pensée divergente. On peut citer, par exemple, les travaux de Torrance (1974) décrits par Runco (1999) qui portaient sur des tests spécifiques. Ceux-ci nécessitaient de donner une série de réponses à des consignes verbales ou picturales (exemple : « *nommez le plus grand nombre possible de façons d'utiliser une brique* »). Un score était ensuite attribué à chaque série de réponses en fonction de quatre critères : rapidité, originalité, flexibilité (caractère inhabituel des réponses, par exemple), et élaboration (niveau de détail).

Ces tests ne pouvaient servir de modèle dans le cadre de notre étude. En effet, ces tests visaient une évaluation de la capacité créative individuelle alors que notre projet se plaçait dans une dimension collective. Il n'était donc pas pertinent de

retenir les critères retenus pour évaluer les mécanismes opérés par les élèves dans ce projet.

J'ai choisi de m'appuyer davantage sur une « approche relationnelle » de la créativité, qui part du postulat que dans une approche collaborative, le « choc des idées » aura un impact fort sur la pensée créative (Martine et Cooren, 2017). Dans ces circonstances, les participants sont contraints de faire les choses suivantes :

1. Ils *communiquent* ce qu'ils pensent être créatif. C'est-à-dire qu'ils s'efforcent de traduire ce qu'ils estiment créatif en des éléments (notamment des mots et des gestes) qui peuvent être compris par les autres participants.
2. Ils *négocient* ce qu'ils pensent être créatif. C'est-à-dire qu'ils doivent défaire certaines parties de leurs propositions pour incorporer des propositions faites par d'autres participants, ou pour ajouter des arguments visant à exclure certaines propositions d'autres participants.

Selon le protocole décrit par Martine et Cooren, j'ai choisi de filmer et d'enregistrer la séance collective d'idéation (le 7/02 à l'ESPE) et d'utiliser l'enregistrement de façon à retracer les phases divergentes. Pour cela, j'ai procédé à la transcription des enregistrements, codé et classé toutes les répliques selon les critères suivants (voir Annexe 10) :

Pensée divergente = Capacité à générer des idées nouvelles

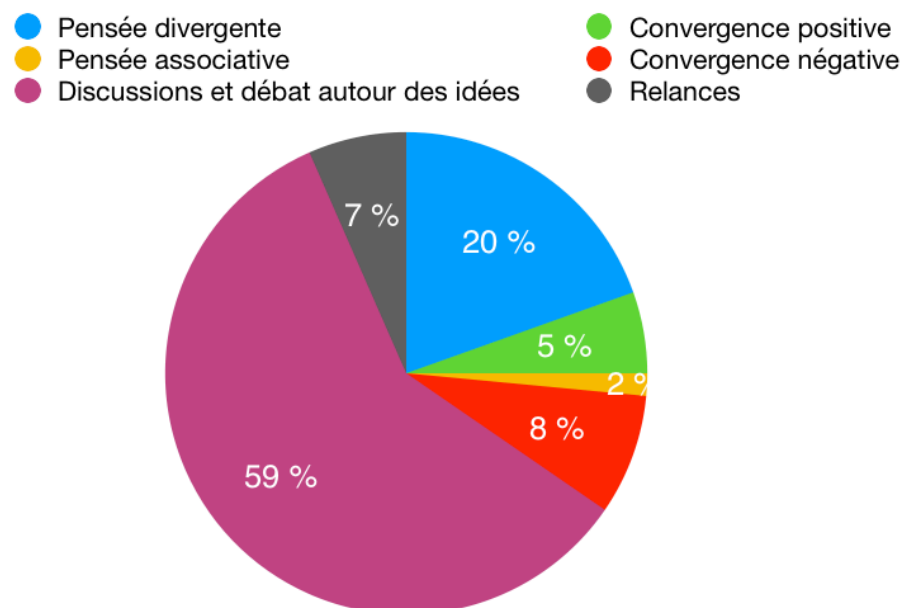
Identifier toutes les répliques proposant une nouvelle idée, un nouvel élément en lien avec le projet, identifiables par des critères de langage : utilisation du conditionnel « on pourrait », « il faudrait », d'expressions « et si on faisait », « on peut », « on fait (ça) ... puis (ça) », « J'ai une idée » ...

Pensée associative = Connaissances, expériences que l'on combine, que l'on associe

Identifier toutes les expressions faisant référence à une autre idée, à un autre projet, aux recherches effectuées à la séance du 31/01 sur les insectes pollinisateurs, à leur connaissance des robots ... éléments de langage distinctifs : « comme », « Quidditch », « à l'école », « dans la classe », « on avait fait » ...

Pensée convergente = Sélection d'idées en évaluant la qualité et la pertinence au regard des contraintes (deux pensées convergentes apparaissent, l'une évaluant la qualité d'une idée proposée positivement et validant ainsi le fait de garder et d'inscrire l'idée, l'autre invalidant une idée et rejetant la proposition faite par un autre membre du groupe).

On peut ainsi relever des éléments de convergence positive avec les expressions « oui », « d'accord », « Ok », « (il a / tu as) raison » ; et de convergence négative avec « non », « on doit », « on ne va pas » et la plupart des formes négatives.



Sur l'ensemble des quatre groupes observés (deux groupes de CM1-CM2 et deux groupes de CM2 ; seize élèves en tout, neuf filles et sept garçons), **la phase divergente** a représenté, en moyenne, 20% des échanges, lorsqu'une idée nouvelle était formulée. Cette phase a été observée, dans le verbatim, avec plusieurs idées générées. Sur environ huit minutes d'enregistrement, on isole entre sept et onze idées proposées par groupe.

Chaque nouvelle idée était suivie de trois types de répliques :

- Un échange ou un débat sur l'idée (en rose) qui se soldait par l'acceptation ou le refus de l'idée : « *Oui mais Bluebot, il est plus gros, je trouve que ça serait mieux ; mais vous faites comme vous voulez !* », « *Pourquoi ils [les insectes] se disputent ?* »
- Un refus catégorique de l'idée proposée (en rouge) argumenté ou pas : « *Non (...) ! on va la [une fleur] faire en carton ! c'est plus simple !* », « *Non, mais Thymio, il n'est pas encore dans la scène !* »
- Une validation immédiate de l'idée par un ou plusieurs élèves (en vert) : « *oh oui, ça c'est une super bonne idée !* »

On observe que les phases divergentes, convergentes et associatives se sont mêlées au gré des échanges. Malgré la consigne de proposer et noter toutes les idées sans faire aucune sélection, les élèves ont eu besoin de l'approbation du groupe pour avancer. L'activité en groupe a intégré très rapidement une phase convergente qui imposait de communiquer ses idées, d'argumenter et de tenir compte de l'avis des autres. Cette phase a entraîné de nombreux échanges prenant la forme de questions ou de commentaires. Celui ou celle qui avait formulé l'idée demandait à ses camarades leur avis ou leur demandait de préciser l'idée : « *Je prends des pailles de quelles couleurs alors ?* », « *jaune, rose.* », « *rouge* », « *T'as du vert ?* » ...

Dans les observations et analyses, on remarque que la **convergence positive** (5%) est moins importante que la convergence négative (8%). Les élèves ont formulé de manière plus appuyée leur désaccord. L'acceptation des idées partait parfois d'une non-réaction des autres.

Sous-entendu : « Si vous ne vous y opposez pas, c'est que vous y adhérez ! ».

La phase convergente a, par ailleurs, été visible plus clairement dans la suite du projet avec les choix opérés par les élèves dans leur scénario final et dans les phases de prototypage et de test. Ces choix seront détaillés lorsque nous analyserons l'incidence de l'utilisation de robots dans le projet.

La **pensée associative** n'a pu être détectée que lorsque l'association d'idée était clairement formulée par l'élève. C'est le cas notamment de certaines références au projet du « Quidditch robotique » (« *On peut faire comme le Quidditch : faire une cape.* »), de projets réalisés en classe (« *Oui, [...], on avait fait ça avec les œufs de Pâques l'année dernière.* ») ou du vécu des élèves (« *Tu sais [...] on peut faire [...] le truc avec les marionnettes [...] comme à Halloween ?* »).

Une autre forme d'associations d'idées s'est mise en place, de manière inconsciente dans la phase divergente collective. Certaines idées jaillissaient par association avec les idées précédemment formulées par les autres élèves. Le fait de « rebondir » sur l'idée de l'autre a nourri leur créativité. Ce fonctionnement a été particulièrement visible sur un des groupes, qui a fait émerger de manière collaborative des idées en poursuivant l'idée de l'autre avec beaucoup de fluidité dans les échanges.

« *inventer des habits pour les robots* » > « *des petites ailes* » > « *assez fin* » > « *fluo* » > « *des capes* »...

Enfin, certains élèves ont interprété le sujet à la lumière de ce qu'ils avaient étudié en classe. Il s'agissait de la dimension écologique, de la protection nécessaire des insectes pollinisateurs. Ils ont ainsi ajouté dans leur spectacle la pollution néfaste pour les insectes pollinisateurs, et la protection nécessaire de ceux-ci, ainsi que les dangers auxquels les abeilles doivent faire face (frelons).

Dans le spectacle des élèves de CM1-CM2, par exemple, la reine des abeilles se cogne dans une poubelle et tombe dedans ; les frelons les attaquent ; ils trouvent refuge dans des hôtels à insectes.

Ces éléments sont liés à l'intervention d'un animateur expliquant les hôtels à insectes, lors de l'installation d'un hôtel à insecte dans l'école. À la fin du film des

CM2, une voix off s'adresse aux personnages-insectes ainsi : « Allez dans l'hôtel à insectes, prenez bien soin de vous, vous êtes importants pour le cycle de la vie ! ». ²¹

Créativité et travail de groupe

Le fonctionnement des groupes a eu un impact sur la phase d'idéation, particulièrement pour prendre en compte les idées de chacun et pour réguler les échanges.

C'est en analysant les **relances** (en gris) dans le verbatim que cette régulation est apparue de manière flagrante. Ces relances ont tenu une place importante dans le fonctionnement du groupe et dans l'émergence des idées.

La régulation du travail devait passer, dans un premier temps, par l'enseignante qui voulait s'assurer du bon déroulement de l'activité et du respect des consignes. Les deux enseignantes sont passées deux à trois fois par groupe (en gris clair), en moyenne, pour recadrer « *Hop ! On se recentre.* » ou pour donner des consignes sur les différentes étapes de travail « *Quand vous avez fini, vous prenez Popplet et vous essayez de tout mettre dans une carte mentale.* »

Pour l'étude, je me suis davantage intéressée aux relances des élèves eux-mêmes (en gris foncé). Dans tous les groupes, certains élèves ont endossé un rôle particulier, observé notamment dans ces relances.

En sociologie et psychologie, on distingue le statut du rôle. Le statut est la position qu'occupe l'individu dans le groupe, légitimant des comportements particuliers aux yeux de tous. C'est le cas, par exemple, lorsque l'enseignant attribue aux élèves un statut spécifique : « représentant », « porte-parole », « délégué ». Le rôle est la manière d'agir de l'individu dans le groupe de manière dynamique, selon son statut ou sa propre décision. C'est ce cas de figure que l'on rencontre dans cette activité. L'enseignante n'a attribué aucun statut aux élèves et les a laissés gérer le fonctionnement de leur groupe comme ils le souhaitaient. Les rôles se sont installés naturellement dans les groupes. Le rôle d'« organisateur » a ainsi été endossé par un ou deux élèves dans chaque groupe pour prendre des notes et mobiliser leurs camarades dans l'émergence des idées, en relançant la phase divergente à l'aide

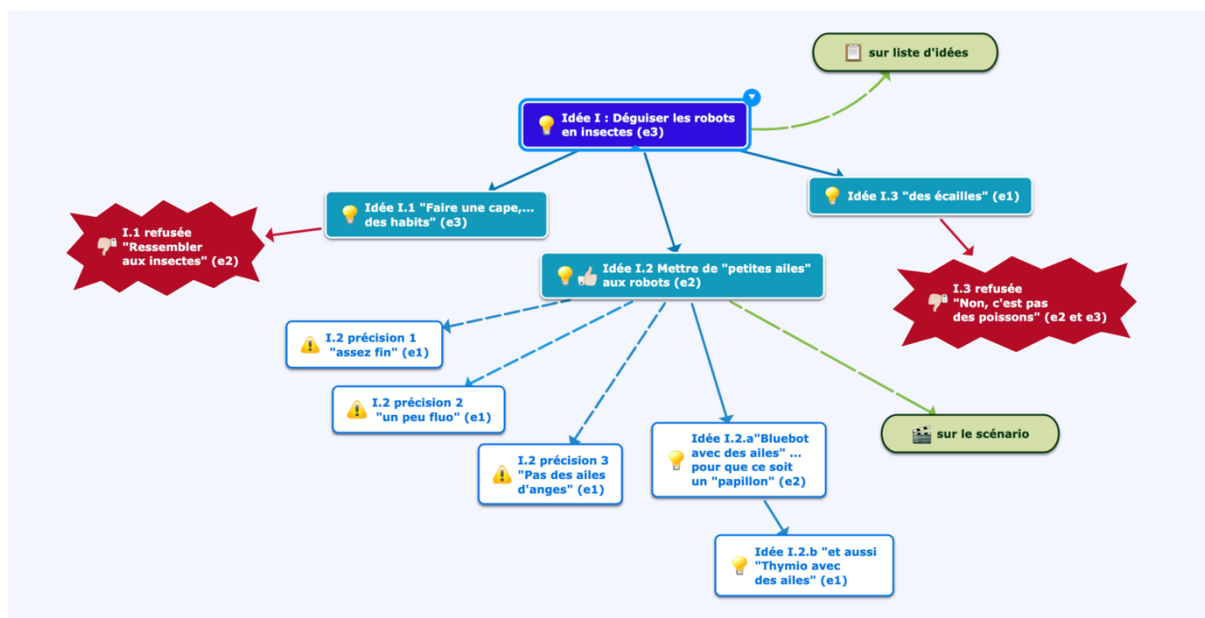
²¹ <https://vimeo.com/344768400#t=390s>

de questions : « Vous n'avez pas une autre idée ? », « Bon, j'aimerais bien savoir si vous avez d'autres idées ? ».

Un autre élève a parfois assumé le rôle d'autorité pour recadrer l'attention et éviter les dispersions : « Oui, bon bref, on peut reparler du projet, peut-être ? », « Non les filles ! On va perdre nos idées, on arrête de rigoler, s'il vous plaît ! »

Dans le groupe n°2 de CM2, par exemple, l'élève {e2} rythmait l'échange entre les membres du groupe, faisait le bilan de ce qui s'était dit, relançait et redonnait les objectifs. Elle recadrait « oui », « non » et encourageait les élèves {e1} et {e4} qui étaient dans une phase divergente « et si on faisait ça », « j'ai une idée... ». L'élève {e3} prenait des notes et synthétisait l'échange. « Donc, je vais vous lire toutes les idées. » Dans ce groupe, la phase divergente a eu lieu uniquement à l'oral sur les propositions de chaque élève. Lorsqu'une idée était formulée (I., II., III.), les autres membres approuvaient ou non l'idée. L'idée refusée était définitivement abandonnée. Au contraire, lorsqu'une idée rencontrait l'adhésion, le groupe faisait des propositions venant enrichir l'idée de départ (I.1, I.1.a ...). Dans ce cas, l'idée retenue a été notée sur la liste d'idées et a été conservée dans le scénario final.

Exemple : carte mentale réalisée avec Mindomo à partir de la transcription des échanges du 7/02

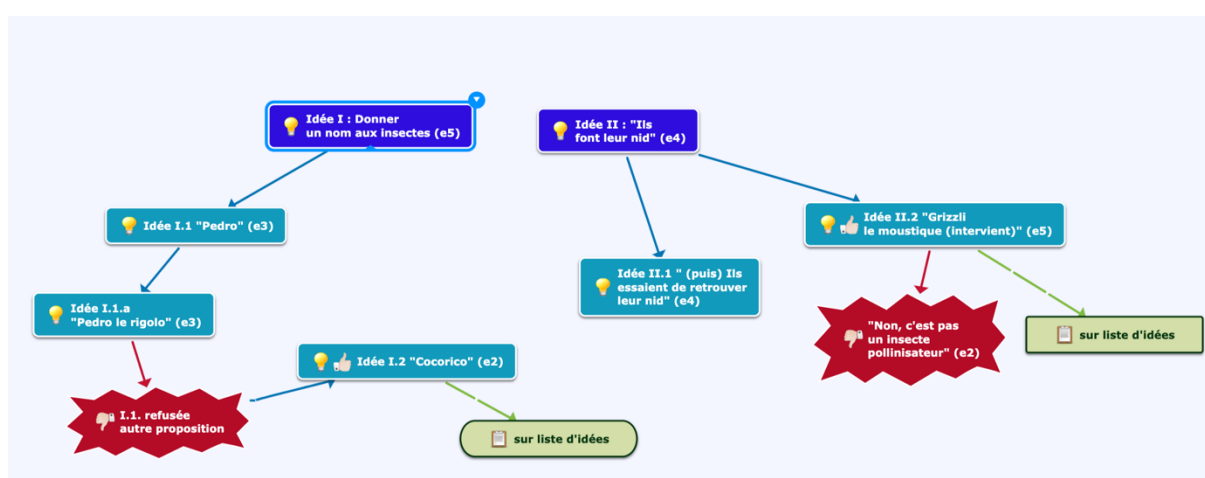


De même, dans le groupe n°2 de CM1-CM2, chaque élève devait, à son tour, proposer une idée et un élève-secrétaire prenait en note. L'élève {e4} régula les

échanges pour que chacun puisse proposer une idée, rappelait la consigne et recadrait les idées qui fusaient et qui s'éloignaient du sujet.

Dans ce groupe, chaque élève, à tour de rôle, devait prendre la parole pour formuler ses idées. Les autres membres du groupe apportaient parfois leur contribution et donnaient leur avis. En revanche, qu'il y ait débat ou non, l'idée a été notée sur la liste. La phase convergente est intervenue, dans un deuxième temps, pour choisir la meilleure idée pour le groupe parmi toutes celles notées.

Exemple : carte mentale réalisée avec Mindomo à partir de la transcription des échanges du 7/02



Ils ont expliqué, lors de l'entretien d'autoconfrontation, avoir choisi celle de l'élève {e5} car c'était la « plus marrante ». Ils ont poursuivi les arguments en expliquant qu'ils voulaient « faire rire les gens », c'est-à-dire le public du futur spectacle. C'est également parce que cette idée générait d'autres idées de la part du groupe « *tout le monde avait plein d'idées sur la sienne (celle de {e5})* ». Les autres idées n'ont pas pour autant été abandonnées puisqu'ils ont essayé de « toutes les regrouper ensemble ». Celle qui a été définitivement rejetée concernait le personnage de « Grizzli le moustique ». Une élève s'est opposée dès le début et est revenue plusieurs fois à la charge avec l'argument « Ce n'est pas un insecte pollinisateur ».

Cet exemple montre à quel point les élèves ont eu du mal à respecter le sujet. C'est bien dans une phase convergente prise en charge, soit par le groupe dans sa totalité, soit par un ou deux élèves, que les contraintes liées au sujet étaient vérifiées. Les idées émergeaient sur un des éléments de la situation-problème.

C'est en passant en revue tous les éléments et en les mettant en relation que les incohérences apparaissaient.

Exemples :

- « Grizzli le moustique » ? > « Réaliser un spectacle joué par des robots représentant le comportement des insectes pollinisateurs » > abandon de l'idée
- « Robots-insectes sur la scène » ? > « Réaliser un spectacle joué par des robots ~~représentant le comportement~~ des insectes pollinisateurs » > ajout d'un élément pour correspondre au sujet > « Expliquer la pollinisation dans une BD ou un film »

Le sujet a impacté la phase divergente et convergente des élèves, imposant beaucoup de contraintes. La difficulté du sujet a imposé aux élèves de trouver des liens entre les éléments de la situation problème. Ils ont, assez facilement, pu faire le lien entre « robot » et « insectes », entre « robot », « insectes » et « spectacle » mais la précision « montrer la pollinisation » s'est révélée trop complexe. Ils ont davantage été créatifs sur la dimension artistique et la programmation. Leur connaissance du robot et leur approche de la programmation ont freiné quelques idées qui auraient pu correspondre à la dimension scientifique : faire disperser des « paillettes » aux robots qui représenteraient le transfert de « pollen ». Cette idée a été écartée, malgré sa pertinence, au profit d'autres idées plus simples à réaliser. Les contraintes de matériel et de programmation ont été un élément clé de convergence dans ce cas. Néanmoins, l'idée a été adaptée pour amener les petits robots (Sphero mini et Ozobot) à l'intérieur de la corolle d'une fleur.

Exemple : photogramme à partir du spectacle final filmé des CM1-CM2



Pour associer toutes les contraintes, le groupe des CM2 a choisi de réaliser plusieurs scènes filmées pour représenter les insectes se rendant « à l'école des insectes pollinisateurs pour apprendre à polliniser ». Ils ont choisi de faire parler les insectes de manière à donner des informations sur leur espèce et sur la façon de polliniser. Voulant intégrer la coccinelle, ils lui ont fait prendre la parole pour préciser qu'elle était là par erreur, qu'il ne s'agit pas d'un insecte pollinisateur puisqu'elle se nourrit de pucerons.

La trace écrite

Les traces demandées aux élèves étaient principalement les suivantes :

- La recherche par mots-clés
- La liste d'idées
- L'organisation des idées dans une carte mentale numérique
- Une sélection des éléments clés dans un document papier
- Une fiche tutoriel des robots
- Un story-board

Lors de la première séance, le 31/01, les consignes données au préalable insistaient sur le fait de conserver le plus de traces possibles de leur recherche (captures d'écran précises de photos et de textes). Un petit classeur était à leur disposition de chaque groupe dans lequel les élèves devaient noter les mots-clés sélectionnés. Malgré l'absence de consigne particulière, tous les groupes ont eu recours à la prise de notes et ont eu besoin de passer par l'écrit. Pour plusieurs groupes, la capture d'écran du texte a été recopiée soigneusement dans le classeur. À part pour un groupe, les informations sur la pollinisation et les insectes ont été recopiées à raison d'une à quatre pages A5 par groupe. Sur les documents sélectionnés (captures d'écran effectuées par les élèves et prise de notes), on observe une recherche d'informations précises cherchant à identifier soit le fonctionnement de la pollinisation sur la relation végétaux/insectes soit la liste des insectes pollinisateurs. Cette sélection d'informations s'est faite par annotation sur la tablette à l'aide de l'outil « annotation d'images » ou par le fait d'entourer les mots après avoir recopié le texte.

La nécessité pour les élèves de passer par une phase écrite a facilité le repérage des idées nouvelles les obligeant à les formuler distinctement pour les lister. En revanche, cette contrainte a aussi induit une phase convergente précoce qui a sans doute nuit à l'émergence d'idées en grand nombre. Les élèves ont eu, très tôt, à faire des choix, ne voulant pas écrire « n'importe quoi » ! L'écrit représentant une trace valorisante de leur travail collectif, ils n'ont, majoritairement, écrit que les idées validées par le groupe. Il était donc important de pouvoir disposer d'enregistrements audio pour pouvoir repérer les phases divergentes et déceler l'apparition des phases convergentes.

Une partie importante des échanges (en rose) a concerné le passage à l'écrit reprenant, sous la dictée, ce qui venait d'être dit et qui avait remporté l'adhésion : « *Bon, déjà, on peut noter quels robots on va prendre.* », « *Et après, tu mets trois petits points !* ». Cette trace écrite a servi également aux élèves de repère pour identifier les idées déjà formulées et les répéter au groupe : « *Il y a Truebot !* », « *On l'a déjà marqué !* »

Dans les transcriptions des échanges du 7/02, le frein lié au passage à l'écrit s'est manifesté à plusieurs reprises. Plusieurs échanges ont porté sur la peur de se tromper d'orthographe et la réaction vive des élèves eux-mêmes : « *la raison de leur dispute.* », « *Oui, leur sans -s !* » (Groupe 1 CM1-CM2) ; « *une scène ! t'as écrit une [zène] !* », « *avec un -c !* », « *C'est bon, je ne suis pas un pro de l'orthographe !* ». (Groupe 1 CM2)

L'enseignante est d'ailleurs intervenue dans un groupe pour dédramatiser le blocage orthographique qui ralentissait les échanges et pouvait nuire à l'émergence d'idées :

« *Ça s'écrit comme ça, maquette ?* », « *Il n'y a pas d'accent (...) mais l'orthographe, on corrigera plus tard, ce n'est pas grave !* »

Après la liste, il leur a été demandé d'organiser leurs idées dans une carte mentale numérique. La plupart de ces élèves ont l'habitude de travailler sous la forme de cartes mentales mais guidées par l'enseignante. Cette fois-ci, l'utilisation des cartes mentales était laissée à leur seule appréciation. Pour certains groupes, elle a permis de présenter les étapes sous une autre forme, pour d'autres, elle a été nécessaire

pour clarifier les idées du groupe. Les bulles des cartes mentales ont été organisées de différentes manières selon les groupes et la structuration de la démarche.

Aucun élève n'a remis en question la création des documents demandés ou dit que cela ne leur apportait rien. Le fait de remettre en forme les idées à chaque étape a semblé un élément important de leur réflexion pour fixer les décisions du groupe.

Les élèves bénéficiaient de feuilles A3, de feutres de différentes couleurs et de deux tablettes. Les documents récoltés ont démontré la nécessité de passer par la trace écrite pour ces élèves pourtant habitués aux usages numériques avec leurs enseignantes. En effet, onze groupes sur quinze ont eu recours à la trace manuscrite sur la feuille A3 pour produire une carte mentale ou réaliser un dessin avant de passer à une version numérique. C'est le cas, par exemple, de l'élève {e4} du groupe 2 de CM2 qui a éprouvé le besoin de matérialiser par le dessin l'idée qu'elle tentait d'expliquer aux autres : « *Passe-moi un feutre ! Là, il y a la scène ; là, il y a les robots ; il y en a un qui rentre, il se met au milieu ; après, il y en a un autre qui rentre, il se met à côté ...* ». D'autres élèves ont utilisé le matériel et le mobilier pour expliquer concrètement leur idée. C'est ce qui a été repéré, plus particulièrement, lors de l'observation de la séance du 14/02.

Impact des espaces scolaires

Les processus mobilisés par les élèves dans le cadre de cette étude ont été en corrélation avec les interactions physiques et l'utilisation de l'environnement.

La classe Laboratoire de l'ESPE a essentiellement été utilisée, au départ, pour faciliter le travail de recherche grâce aux équipements de captation vidéo, sans avoir été identifiée comme étant un élément clé du processus créatif. Certes, l'attractivité du mobilier (chaises Node de couleurs), la taille de la salle (superficie de 112 m²) et la curiosité pour les élèves de découvrir un nouveau lieu avaient été évoqués avec les enseignantes, comme des éléments positifs. En revanche, sur l'ensemble du projet, l'utilisation de cette salle n'avait pas été définie comme essentielle aux processus créatifs. Seules deux séances (sur les huit séances du projet) ont eu lieu à l'ESPE.

Néanmoins, nous avons pu déterminer l'importance de cet espace dans les processus créatifs des élèves avec l'analyse des captations vidéo et du sondage. Dans le sondage proposé aux élèves en fin de projet, l'utilisation de la classe

Laboratoire de l'ESPE a été identifiée clairement comme un élément important. Le terme « ESPE » a été mentionné six fois dans les réponses à la question « Pourquoi avez-vous aimé ce projet ? qu'avez-vous préféré ? » et neuf fois à la question « à quel moment avez-vous été créatifs ? ».

Outre l'attractivité de la salle, il est donc apparu important d'analyser quelle utilisation particulière ces élèves avaient pu faire de cet espace pour qu'il soit identifié de cette manière par eux. C'est pour cette raison que la captation-vidéo de la séance du 14/02 a été analysée en détail et représentée sous forme d'une frise et de schémas comme expliqué précédemment. (voir [Annexe 9](#))

Ces schémas mettent en évidence une utilisation particulièrement libre de la salle par les élèves, sans qu'aucune consigne ou directive ne leur ait été donnée. Les photogrammes des deux classes montrent comment les élèves ont pris possession des lieux. Les chaises Node ont été déplacées très rapidement pour que le nombre de places par îlots corresponde aux groupes déterminés à l'avance. Dès le début de la vidéo, les groupes sont en place. On observe sur les représentations schématiques de la salle, que la disposition des chaises installées en îlots, choisie en début de séance, ne changera pas jusqu'à la 47^e minute. À ce moment-là, les élèves commencent à déplacer leur espace de travail pour réaliser des maquettes ou pour tester des robots. C'est ce que l'on observe de manière flagrante sur le schéma 2 des CM1-CM2. Quatre groupes sur six choisissent de s'installer au sol pour réaliser leur prototype sous forme de maquette. On observe, sur la vidéo, des élèves apporter le matériel à leur îlot (feuille de paper board, Kapla, post-it, Lego ...). Ils posent le matériel sur les tablettes des chaises Node, constatent rapidement ne pas avoir assez de place et déterminent un endroit de la salle où s'installer. En l'espace de quinze minutes, les quatre groupes se sont répartis des zones au sol pour travailler sans se gêner. L'effectif important des classes (27 et 29 élèves) n'empêche pas cette installation. Les photogrammes 2 et 3 des CM1-CM2 montrent les différentes postures des élèves au sol : à genoux, allongés, en tailleur. On observe également le matériel disposé autour d'eux et utilisé : papier, Lego, Kapla, robots et tablette.

Pour les élèves de la classe de CM2, on observe beaucoup de déplacements des élèves dans la salle à partir de la 32^e minute. Les élèves se dirigent essentiellement vers la table contenant tout le matériel disponible. Ils y observent d'abord les robots

et font des allers-retours de la table jusqu'à leur îlot pour apporter des informations au groupe. C'est ce que confirmeront les élèves lors de l'entretien d'autoconfrontation, lorsqu'ils expliquent la nécessité d'aller voir les robots « en vrai » pour vérifier leur « taille » afin de déterminer lesquels feront partie de leur mise en scène. Par la suite, les nombreux déplacements permettent aux élèves de venir chercher le matériel nécessaire au prototypage (matériel de construction). C'est ce que l'on constate sur les schémas 1 et 2 des CM2.

Quelques déplacements ont lieu également entre les groupes, essentiellement pour demander du matériel. On observe sur la vidéo une grande mobilité des élèves sans que cela semble nuire au travail et au déroulement de l'activité. Certains élèves restent assis sur leur chaise durant toute la séance tandis que d'autres sont très souvent debout et en mouvement, même au sein de leur propre groupe, se plaçant derrière ou à côté de leurs camarades pour échanger ou montrer quelque chose.

Outre la mobilité du mobilier de la salle exploitée par les élèves, on note une autre utilisation des équipements à deux moments. Les élèves placés le long du mur utilisent, lors de la phase d'idéation, les deux tableaux blancs (schéma 1 des CM2) pour dessiner leurs idées et l'expliquer aux autres. Ce besoin de concrétiser visuellement l'idée, pour la délimiter et pour la communiquer aux autres membres du groupe, s'est manifesté de plusieurs manières chez les élèves. C'est ce qui a été décrit lors de l'entretien d'autoconfrontation par une élève, qui avait utilisé de petits objets pour décrire ses idées.

« En fait, on avait eu une idée, et {e2}, elle ne comprenait pas. Alors, moi j'ai pris les petits objets (petits objets ayant servi au brise-glace « Ceci n'est pas un trombone »), et après (...) j'ai reproduit en lui expliquant ce qu'allaient être les objets (...). Je lui ai montré et elle a compris. (...) Je lui ai dit : l'insecte, il va prendre le bouchon. On a imaginé que c'était du pollen. »

Une utilisation plus inhabituelle du mobilier de la salle a été observée dans un des groupes de la classe de CM2 lorsque les élèves ont tiré parti de la couleur de la chaise Node pour réaliser un film sur « fond vert » (schéma 2 des CM2).

L'utilisation de la classe Laboratoire de l'ESPE a donc eu un impact sur les processus créatifs des élèves qui a pu être observé grâce aux vidéos et matérialisé sous forme de schémas. En facilitant les déplacements et en offrant une flexibilité

au niveau des espaces de travail, elle a été identifiée par les élèves comme un lieu où ils ont été particulièrement créatifs.

Il existe néanmoins un paradoxe : cette salle a, tout à la fois contribué à faciliter le travail créatif mais a également apporté des éléments contraignants. En effet, l'agencement de cette salle et son mobilier ont facilité, comme démontré précédemment, les déplacements et les interactions. En revanche, les apports en matériels ont été limités par rapport à ce qui est disponible à l'école. Pas de peinture ni de matériaux variés pour les maquettes. Les élèves ont dû faire avec les moyens mis à leur disposition. Ils devaient donc se contenter d'un panel limité d'objets et de matériaux ainsi que d'une durée bien délimitée. Ces limites les ont obligés à développer des stratégies qui n'ont pas, au vu du sondage et des nombreuses productions des élèves, bridé leur créativité. Là est le paradoxe de contraindre pour libérer la créativité. On peut établir un parallèle avec la contrainte d'écriture initiée par des auteurs comme G. Perec ou le mouvement de l'Oulipo²² posant l'inspiration littéraire dans un carcan pour encourager la création. L'acte d'écrire se fait plus facilement, libéré de l'angoisse de la page blanche.

La place du numérique dans le projet créatif

Le numérique partie intégrante du projet

Le numérique a été présent tout au long du projet, dans la conception mais aussi dans la démarche de construction, les activités (recherche sur internet) et les traces produites (carte mentale, photo, film, Genial.ly...). Les élèves ont montré une aisance face aux outils numériques et aux usages proposés. En effet, les enseignantes intègrent, dans leur pratique pédagogique, le numérique de manière régulière et encouragent l'autonomie des élèves dans l'utilisation du numérique quelle que soit l'activité proposée. Les différents usages identifiés sont les suivants :

- utilisation à la demande d'un chariot de tablettes pour effectuer des recherches sur Internet, utiliser un réseau social (pour le projet « Twictée »), prendre des photos, filmer, réaliser des vidéos, des présentations interactives (Genial.ly)

²² Groupe international de littéraires et mathématiciens nommé « Ouvroir de littérature potentielle », fondé en 1960, réfléchissant autour de la notion de « contrainte » et produisant de nouvelles structures destinées à encourager la création

- un tableau numérique interactif permet de projeter le cours et les productions numériques des élèves (envoyées en Bluetooth depuis les tablettes) et d'annoter des documents directement sur le tableau grâce à des outils spécifiques ;
- un robot pédagogique (Thymio) permet ponctuellement de travailler la programmation en réalisant des défis ;
- des ordinateurs (quatre environ par classe) sont utilisés par les élèves, sur des activités précises, pour effectuer des recherches, produire un diaporama ou utiliser une plateforme de construction (Minetest).

Il a donc semblé naturel aux élèves comme aux enseignantes d'intégrer le numérique dans ce projet. Ce contexte favorable a grandement facilité la mise en œuvre de mon projet de recherche. Cela lui confère, en revanche, un caractère difficilement transposable sauf dans certaines écoles : ENIR (Écoles Numériques Innovantes et Ruralité) ou celles intégrées au PNE (Plan Numérique pour l'Éducation).

Dans un premier temps, ces usages du numérique ont facilité la première phase du projet : l'inspiration par la recherche internet.

Les élèves ont donc, par groupe, procédé à une recherche sur internet le 31/01 pour identifier les mots-clés et les éléments scientifiques nécessaires. Les recherches des élèves de la classe de CM1-CM2 ont été denses avec une moyenne de huit sites internet visités par groupe sans directive de recherche particulière ni présélection de la part de l'enseignante. Les élèves ont fait preuve d'une grande autonomie dans la recherche avec une aisance dans l'utilisation des deux moteurs de recherches Google et Qwant. Ils ont été en mesure de sélectionner des sites pertinents²³ et ont effectué des captures d'écran précises « *Qu'est-ce que la pollinisation ?* », « *les pollinisateurs sont ...* », « *Comment les fleurs attirent les insectes ?* ». Ils ont affiné leur recherche avec l'ajout de mots-clés (« *pollinisateur* » > « *les insectes pollinisateurs* » > « *où vivent les insectes pollinisateurs ?* ») et une recherche des termes inconnus « *vecteur* », « *anthère* », « *stigmate* » avec parfois un certain tâtonnement orthographique (« *définissions vecteur* » > « *deffinition vecteur* » > « *définitions vecteur* »). Tous ces éléments montrent qu'ils ont lu

²³<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/insectes-pollinisateurs/>
Ou <https://www.gerbeaud.com/jardin/decouverte/principaux-insectes-pollinisateurs.1160.html>

attentivement les pages rencontrées lors de la recherche avec un réel souci de récolter l'information la plus précise et la plus pertinente, tout en se l'appropriant.

Les tablettes ont été utilisées pour récolter des traces pour les besoins du projet (captures d'écran, photos, carte mentale numérique). Chaque tablette avait été attribuée à un groupe. À chaque séance liée au projet, les élèves retrouvaient sur celle-ci leurs productions et les traces récoltées. Cela leur permettait de travailler dans la continuité et de revenir sur leurs productions si besoin. Cela a également permis aux enseignantes de me faire parvenir les documents à distance plus facilement (envoi par mail ou par message Twitter).

Dans les phases de recherche, d'idéation ou de prototypage, plusieurs élèves ont spontanément réalisé des productions numériques qui ne faisaient pas partie de la consigne. Des bandes annonces²⁴ ou des présentations Genial.ly ont été réalisées, ainsi qu'un film utilisant le fond vert des chaises Node pour obtenir un décor virtuel sur tablette.

On retrouve donc, dans ce projet, des usages du numérique avancés tels que décrits par Romero. Il s'agit bien de placer les élèves en posture de « créateurs numériques ». Ils ont appris « à chercher des informations et à interroger l'origine et la pertinence de ces informations dans l'univers du numérique. » Ils ont également acquis « la capacité de coopérer en développant le travail en groupe et le travail collaboratif à l'aide des outils numériques, ainsi que la capacité de réaliser des projets. »²⁵

Selon la typologie proposée par Puentedura, la S.A.M.R, modèle théorique décrivant les différents paliers d'intégration des technologies dans une séance pédagogique, on peut considérer que les usages rencontrés dans ce projet se situent dans la « modification » et la « redéfinition ». Les activités intégrant du numérique ont permis une « reconfiguration significative de la tâche » ainsi que la « création de nouvelles tâches auparavant inaccessibles ». C'est le cas, notamment, de la création de supports numériques interactifs et collaboratifs (carte

²⁴ Bande-annonce réalisée par une élève de CM2 pendant le projet - <https://vimeo.com/326756834>

²⁵ Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015

mentale, Genial.ly), de vidéos (bandes annonces, captations vidéo de la tâche) et de l'apprentissage tangible de la programmation avec les robots.

Robots et pensée informatique

Pendant toutes les phases du projet, les robots ont été présents, placés en évidence dans la salle de classe ou à l'ESPE et accessibles pour être manipulés.

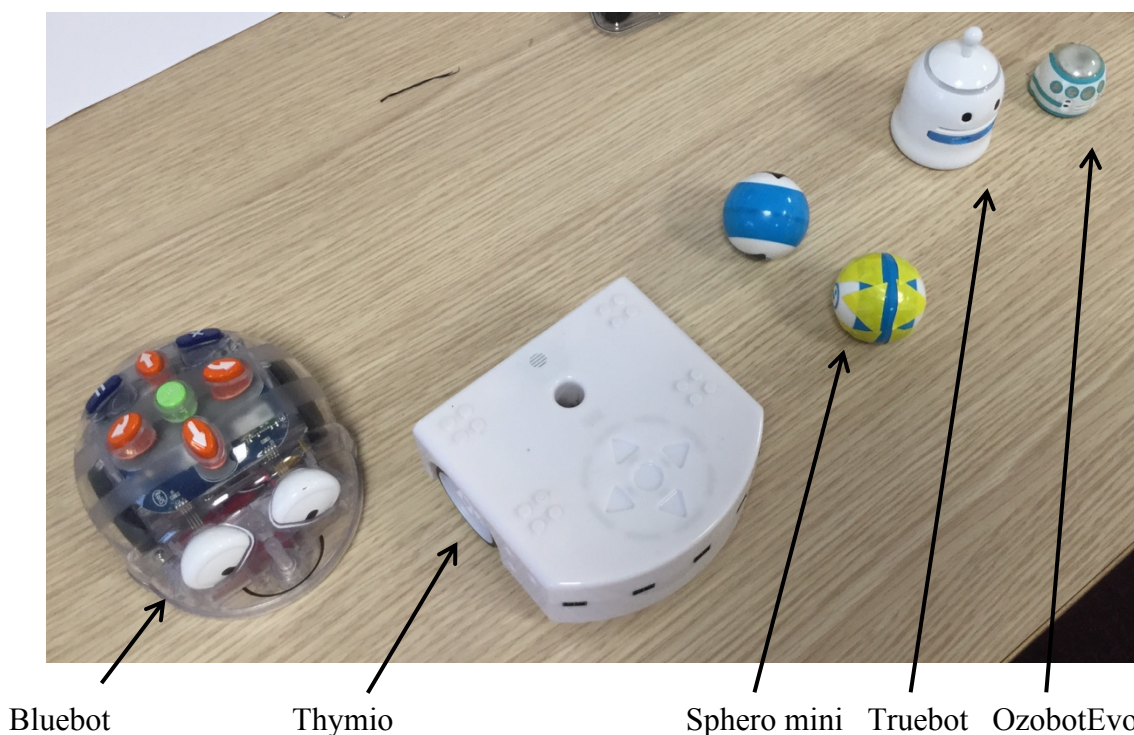


Photo des robots prise le 7/02 à l'ESPE

Lors de la séance de recherche-inspiration le 31/01, Les élèves de la classe de CM1-CM2 ont identifié les deux mots-clés « insectes + pollinisateurs » comme problématiques et ont orienté leurs recherches vers ces notions. Ils ont, pour la plupart, occulté les robots et la dimension artistique « spectacle » de leur recherche. Toutefois, deux élèves viennent s'enquérir des robots disponibles. Ceux-ci sont disposés sur une table au fond de la salle de classe. Ce groupe a donc orienté sa recherche dans l'optique de la production finale en associant les mots « robots + insectes ». Ils ont pris, comme donnée utile, les types de robots disponibles et en ont déduit le nombre d'insectes à chercher : « *Puisqu'il y a cinq robots, il nous faut donc trouver cinq types d'insectes pollinisateurs.* »

Les robots ont influencé la phase d'idéation essentiellement en fonction de leur apparence. Lors des entretiens d'autoconfrontation, trois groupes interrogés se sont

exprimés sur cet aspect : *« On prenait les robots qui ressemblaient le plus à l'insecte qu'on avait choisi. Par exemple, moi j'ai pris Sphero mini, parce qu'il est jaune et l'abeille aussi. »*

Dans la classe de CM2, le lancement de l'activité de recherche, le 31/01, est beaucoup plus effervescent. Les questions fusent et les élèves sont pressés de s'atteler à la tâche. Les déplacements dans la classe et en dehors de la classe (couloir) sont nombreux et les interactions dans les groupes et entre les groupes sont importantes. La plupart des élèves de CM2 ont manifesté très rapidement le besoin de manipuler le matériel. Les robots passent de table en table, sont allumés, testés et filmés... La phase « recherche », pour certains élèves, s'est ainsi transformée en recherche des fonctionnalités des robots. Des questions précises ont très vite été posées sur les possibilités offertes par le matériel *« pour quel robot on peut enregistrer sa voix ? », « est-ce qu'il peut rouler en zigzag ? »* et *« comment on fait ? »*. J'avais préparé une vidéo synthétique présentant les robots et leurs fonctionnalités pour que les élèves puissent se représenter les déplacements et potentiels des matériels proposés. Malgré cela, les élèves ont ressenti le besoin de tester les robots « en vrai » et de découvrir par eux-mêmes ce qu'ils avaient pu voir sur les vidéos (la mienne et celles qu'ils avaient trouvées sur internet).

Pendant toute la durée du projet, et à chaque séance, la manipulation des robots s'est avérée incontournable pour les élèves, corroborant ainsi l'importance de l'aspect tangible. Sur les vidéos réalisées à chaque séance, on observe, que les élèves s'emparent des robots pour en tester les déplacements et fonctionnalités, afin de leur attribuer un rôle : *« Sphero pourrait faire une abeille, il peut [...] faire des sons d'abeille ! »* ; *« J'ai testé un peu les nouveaux robots [...] le petit Ozobot [...]. C'était pour savoir ce qu'on pouvait faire pour notre scène, pour voir ce qu'ils pouvaient faire et ce qu'ils ne pouvaient pas faire. »* (entretiens d'autoconfrontation)

C'est en s'interrogeant sur le rôle des robots dans le spectacle que les élèves se sont intéressés à la programmation : *« Comment ça s'appelle le mot là, tu sais quand on appuie sur droite gauche, gauche droite droite, on fait quoi ? »*, *« ah oui, les programmer ! »*, *« Voilà, on les programme ! »* (transcriptions des enregistrements audio du 7/02)

Dans le cadre de ce projet, l'utilisation des robots pédagogiques et du numérique a revêtu les deux aspects de la « genèse instrumentale » décrite par Rabardel, à la fois « l'instrumentalisation » lorsque les élèves ont adapté l'utilisation des robots selon les besoins de leur projet (notamment les interactions des robots entre eux selon les comportements des insectes pollinisateurs choisis) et « l'instrumentation » lorsque les fonctionnalités des robots et les contraintes de la programmation ont influencé les choix et scénarii possibles (commentaires faits par les élèves liés à la difficulté de « faire parler » les robots).

Les enseignantes ont, en parallèle du projet, effectué des recherches sur les robots pour commencer à se les approprier. Elles ont également commencé à intégrer les robots lors de séances disciplinaires variées au vu de l'engouement des élèves pour ces matériels, notamment en invitant les élèves à relever de petits défis (géométrie, concours de dessins, « imagine les parcours les plus fous »)

Le travail sur la pensée informatique s'est donc effectué tout au long du projet sans être conscientisé ou identifié en tant que tel. La séance du 21/03 a néanmoins permis de se focaliser davantage sur les robots eux-mêmes. En réalisant les fiches « mode d'emploi » des différents robots, les élèves, se sont interrogés sur les fonctionnalités et modes de programmation (voir Annexe 6). En effet, les élèves, par la manipulation intuitive des robots, restaient sur des fonctionnalités de base. Il était nécessaire de les inciter à creuser l'utilisation des robots (en les amenant, par exemple, à utiliser Blockly pour Thymio) pour qu'ils ne se contentent pas d'une manipulation immédiate sans interface.

Suite à cette séance, les élèves ont envisagé les robots non plus seulement comme des « personnages » qui « pourraient faire... » mais les ont intégrés dans leur scénario comme des matériels à programmer. Ainsi, dans les storyboards, les cases « Programmation du robot 1, 2... pour le déplacer ou le faire agir » ont permis aux élèves de prendre en compte, comme contrainte nécessaire à la réalisation du projet, le mode de programmation choisi. On observe donc sur les documents récoltés, les choix effectifs des élèves : « *On fait avancer de deux cases et il change de couleur* », « *Sur la tablette avec le programme Algorithm Card, le faire avancer*

tout droit », « avec le programme avec les flèches », « suivra des lignes avec des codes »

Les termes employés par les élèves ont été majoritairement « programmation », « avance », « tourne », « se déplace de... cm ».

On a observé également une évolution dans les tests que les élèves pouvaient effectuer avec les robots. L'objectif s'affinant, les déplacements devaient être plus précis et correspondre aux idées imaginées. Les déplacements aléatoires des robots ont donc fait place à une recherche de modes de programmation appropriés, proche d'une démarche d'investigation²⁶.

Par exemple : Le TrueBot rebaptisé BotFly devait avancer dans le spectacle de 20 cm. Les élèves ont mesuré et en ont déduit que chaque  le faisait avancer de 5 cm, il fallait donc mettre quatre cartes.

On remarque néanmoins que les élèves n'ont pas exploité le potentiel des capteurs de robots en intégrant dans leur projet des interactions avec l'environnement ou entre les robots « si le robot s'approche de... alors ». Cela peut s'expliquer par une recherche de la facilité mais aussi parce que le projet lui-même induisait un « pilotage » de la part des élèves ; un peu comme des metteurs en scène qui donnent des instructions aux acteurs, en direct.

Les robots ont d'abord permis de nourrir la phase d'idéation en apportant des idées liées à leur apparence et aux déplacements possibles. Ils ont aussi impacté la phase de convergence en introduisant des contraintes selon les modes de programmation possibles. La connaissance de ces matériels, par le biais de recherches et de manipulations nécessaires tout au long du projet, a donc été un élément clé de la démarche créative.

²⁶ Vidéo Twitter : <https://twitter.com/sophieallain25/status/1112674407909072901>

Bilan

Le contexte de cette étude a été particulièrement favorable, ce qui a contribué à l'aboutissement du spectacle et à la récolte de ces multiples données. Les enseignantes, très investies dans le projet et intéressées par la démarche, ont permis la mise en place de ces séances. Les facteurs environnementaux ont également pu jouer un rôle (famille, milieu culturel...) mais dans notre étude, les facteurs extérieurs à la situation didactique n'ont pas été étudiés.

Ce projet, aux contours multiples, s'est révélé ambitieux, autant dans sa mise en œuvre que dans son analyse. La multiplicité des données récoltées et des angles de travail a constitué la particularité de ce projet. Intégrant une dimension collaborative dans la résolution d'une situation-problème, l'observation et l'étude des interactions s'est révélée primordiale. Les enregistrements audio ont donc permis de repérer les échanges dans le groupe. Leur transcription s'est révélée difficile, à cause du fonctionnement même du groupe : beaucoup d'échanges, d'interruptions, chacun rebondissant sur l'idée de l'autre, complétant sa phrase, riant, contestant... Néanmoins, après avoir identifié les paroles distinctes et leurs interlocuteurs, des éléments intéressants se sont révélés grâce à des occurrences, aux interrogations des élèves et à l'enchaînement des répliques.

L'observation directe ainsi que les vidéos ont permis de connaître les élèves afin de pouvoir les identifier plus facilement lors de la transcription et de cerner l'aspect relationnel du fonctionnement des groupes.

Le travail sur la démarche créative, au cœur de la problématique de ce projet, a été rendu possible par la confrontation de plusieurs données. Les déplacements observés et étudiés dans les vidéos ont permis de travailler sur l'impact des espaces et des matériels sur le travail des élèves et sur leur créativité. La transcription des enregistrements audio a contribué à analyser finement l'émergence d'une pensée divergente dans une dimension collective.

Le terme « pensée (divergente, convergente, associative) » reste néanmoins à questionner car l'étude ne s'est portée que sur les interactions verbales et physiques que l'on peut considérer comme des manifestations extérieures

possibles de « pensées ». Les entretiens d'autoconfrontation eux-mêmes ne permettent d'obtenir qu'une vision parcellaire et interprétative de cette « pensée ». C'est dans cette part d'inconnu que réside la complexité de projets d'étude de ce type.

Les données audio ont constitué la colonne vertébrale de l'analyse. Les données complémentaires ont essentiellement permis de confirmer certaines hypothèses et d'éclairer les analyses. C'est le cas des entretiens d'autoconfrontation mis en parallèle des transcriptions et des observations directes ou filmées. Les traces récoltées (dessin, cartes mentales, listes d'idées...) ont été comparées aux analyses audio et ont permis d'avoir une lisibilité sur le processus global et sur l'évolution des différents projets créatifs. Il ne s'agissait pas d'évaluer un potentiel créatif ni de déterminer un score de créativité chez les élèves. Ce sont bien les mécanismes de la créativité des élèves, générés dans un contexte collaboratif intégrant des usages du numérique, qui me questionnaient.

La présence d'outils technologiques utilisés au quotidien (tablettes, ordinateurs, tableau numérique interactif) et ceux introduits pour l'occasion (robots pédagogiques) faisaient également pleinement partie du projet. Ils ont été étudiés comme des éléments centraux, associés à la créativité. Le défi « technocréatif » proposé a placé les élèves dans une posture active de création, les amenant à exploiter les fonctionnalités de l'outil ou à les détourner. Cette démarche de recherche par tâtonnement et par essai-erreur les a poussés à dépasser une consommation passive de l'outil. Élément facilitateur et valorisant d'une part ou contrainte propice à la convergence des idées d'autre part, le numérique a accompagné la créativité des élèves tout au long du projet.

Les aspects multiples de mon étude, incluant plusieurs domaines de recherche, ont nécessité ce panel d'observations et de données. Il a été nécessaire de se questionner sur les processus appropriés, ce qui m'a permis de gagner en expertise sur ce type de recherche.

Conclusion

La créativité, définie comme la capacité de chacun à relever des défis et à trouver des solutions nouvelles, est considérée comme un objectif éducatif et sociétal important, en lien avec les compétences du XXI^e siècle. Elle semble être une des conditions de l'innovation en lien avec les technologies et la communication.

La créativité n'est pas l'apanage du domaine artistique et peut être développée par tous. Elle est selon Edward De Bono, « la capacité à changer de concepts et de perceptions » (2013, p. 16). Elle se développe dans certains milieux professionnels ainsi que dans l'éducation pour certaines formations ou lors d'événements comme les hackathons.

La créativité a d'abord été étudiée en psychologie comme la capacité individuelle à formuler de nombreuses idées à partir de stimuli. Dans un contexte éducatif, c'est davantage l'aspect collectif de la créativité qui prévaut. L'aspect collaboratif implique une dimension relationnelle, impactant les microprocessus de la créativité. Dans les échanges, l'émergence d'idées de chacun fait face à l'opinion du groupe, nécessitant d'organiser la prise de parole, d'explicitier et d'argumenter. Cette configuration de travail de groupe a un impact sur la créativité en apportant une convergence précoce par la validation des idées sélectionnées. Elle la nourrit également par association d'idées au fil des propositions.

L'aménagement des espaces présente un intérêt fort dans le processus créatif. Les déplacements, la manipulation des matériels et une utilisation particulière du mobilier font partie de l'activité créative. De même, les phases spécifiques comme le prototypage ou le test nécessitent de se déplacer et de manipuler les matériels. Des espaces d'apprentissage suffisamment grands et offrant des aménagements variés favorisent la créativité des élèves.

Les outils technologiques intégrés aux projets créatifs permettent aux élèves d'aborder les usages du numérique avec un niveau d'engagement élevé. Utilisé comme support pédagogique pour effectuer des recherches, collaborer ou créer des contenus, le numérique amène les élèves à s'approprier de manière active ses usages et à chercher des solutions nouvelles.

Le robot pédagogique est un de ces outils technologiques d'apprentissage. Désormais accessible, il offre la possibilité de comprendre la pensée informatique, d'aborder des compétences transversales et de développer la créativité. Par la manipulation directe, l'interaction avec son environnement et l'interface informatique, cet objet trouve sa place dans le processus créatif et offre des perspectives intéressantes.

Enfin, l'étayage créatif implique de la part des enseignantes une posture d'accompagnement particulière. Pour accompagner la créativité des apprenants, il est impératif d'instaurer une situation *adidactique* leur permettant de développer les compétences visées. Condition nécessaire à la réussite du projet, ce type de feedback a été posé dès le début mais n'a pas été étudié en tant que tel. Mon étude s'est focalisée sur les processus créatifs des élèves mais il serait intéressant de mener également une recherche sur la posture de l'enseignant dans ce type de projet.

Références

- Programmes d'enseignement (Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015)
- Référentiel de compétences des enseignants (Bulletin officiel du 25 juillet 2013)
- Alexandre, D. (2017). *Anthologie des textes clés en pédagogie : Des idées pour enseigner*. ESF Sciences humaines.
- Baron, G.-L., & Drot-Delange, B. (2017). L'informatique comme objet d'enseignement à l'école primaire française ? Mise en perspective historique. *Revue française de pédagogie*, (195), 51-62.
- Baudrit, A. (2015). *L'apprentissage collaboratif : Plus qu'une méthode collective ?* Bruxelles: De Boeck.
- Bessot, A. (2003). *Une introduction à la théorie des situations didactiques* (Master « "Mathématiques, Informatique" » de Grenoble 2003-2004). Consulté à l'adresse <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00078794/document>
- Brousseau, G. (1997). La théorie des situations didactiques. *Interactions didactiques*, Genève, 56. Consulté à l'adresse <http://www.cfem.asso.fr/actualites/archives/Brousseau.pdf>
- Connac, S. (2017). *La coopération entre élèves* (Réseau Canopé). Réseau Canopé.
- Craft, A. (2003). The Limits To Creativity In Education : Dilemmas For The Educator. *British Journal of Educational Studies*, 51, 113-127. <https://doi.org/10.1111/1467-8527.t01-1-00229>
- De Bono, E. (2013). *La boîte à outils de la créativité* (Eyrolles, Vol. 452). Consulté à l'adresse <https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/la-boite-a-outils-de-la-creativite-9782212556582/>
- De Vecchi, G. (2011). *Évaluer sans dévaluer*. Hachette Éducation.

- Diller, D., & Drolet, L. (2015). *Aménager sa classe pour favoriser l'apprentissage*. Montréal: Chenelière Education.
- Dollo, C. (2018). D'une conception épistémologique d'une discipline scolaire à sa mise en œuvre dans la classe : Quelles difficultés pour un professeur débutant ? *Education didactique*, Vol. 12(1), 43-58.
- Etche Ogeli-Renault, R. (2017). QDLR? La robotique dans l'enseigneent spécialisé : Le cas de l'autisme. Consulté 21 février 2018, à l'adresse Réseau Canopé—L'Agence des usages website: <https://www.reseau-canope.fr/agence-des-usages/la-robotique-dans-lenseignement-sp%C3%A9cialise-le-cas-de-lautisme.html>
- Greff, É. (2013). Robotique pédagogique : Et si on changeait de paradigme ? *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, (63), 301-310.
<https://doi.org/10.3917/nras.063.0301>
- Gutsche, J. (2009). *Exploiting Chaos : 150 Ways to Spark Innovation During Times of Change*. Gotham Books.
- Ilaria Gaudiello, & Elisabetta Zibetti. (2016). QDLR? robotique à l'école. Consulté 12 novembre 2017, à l'adresse Réseau Canopé—L'Agence des usages website: <https://www.reseau-canope.fr/agence-des-usages/lusage-de-la-robotique-a-lecole.html>
- Le Conseil national de l'innovation pour la réussite éducative (Cniré) : Rôle, missions et composition. (2014, 2016). Consulté 29 septembre 2019, à l'adresse Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse website: <https://www.education.gouv.fr/cid106484/le-cnire-role-et-missions.html>
- Lehmans, A., & Oudeyer, P.-Y. (2017). De l'informatique éducative au robot émancipateur. *Hermès, La Revue*, (78), 132 à 138.

- Lubart, T., Mouchiroud, C., Tordjman, S., & Zenasni, F. (2015). *Psychologie de la créativité—2e édition* (2e édition). Armand Colin.
- Lubart, T., & Pacteau, C. (2005, octobre). Le développement de la créativité. *Sciences Humaines, L'enfant et ses intelligences* (164). Consulté à l'adresse https://www.scienceshumaines.com/le-developpement-de-la-creativite_fr_5213.html
- Mandin, S. (2016). QDLR? Apprendre avec les robots. Consulté 16 janvier 2018, à l'adresse Réseau Canopé—L'Agence des usages website: <https://www.reseau-canope.fr/agence-des-usages/apprendre-par-la-manipulation-physique-grace-aux-robots.html>
- Martine, T., & Cooren, F. (2017). Évaluer la créativité à travers le degré de solidité de ses évaluations. Une approche relationnelle. *Communiquer. Revue de communication sociale et publique*, (21), 39-61. <https://doi.org/10.4000/communiquer.2341>
- Puentedura, R. R. (s. d.). *SAMR: A Brief Introduction*. Consulté à l'adresse http://hippasus.com/rpweblog/archives/2015/10/SAMR_ABriefIntro.pdf
- Puozzo, I. C. (2016). *La créativité en éducation et formation : Perspectives théoriques et pratiques*. De Boeck Supérieur.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Consulté à l'adresse <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01017462>
- Robinson, K. (2014). *Entretien sur la créativité entre Francois Taddei et Sir Ken Robinson* [Dailymotion]. Consulté à l'adresse <https://www.dailymotion.com/video/x19ftyx>

- Romero, M., Lille, B., & Patiño, A. (2017). *Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXI^e siècle*. PUQ.
- Sarrazy, B. (1995). Note de synthèse. *Revue française de pédagogie*, 112(1), 85-118. <https://doi.org/10.3406/rfp.1995.1229>
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir*.
<https://doi.org/10.3917/dbu.sense.2011.01>
- Taddei, F. (2009). *Former des constructeurs de savoirs collaboratifs et créatifs : Un défi majeur pour l'éducation du 21^{ème} siècle* (p. 67). Consulté à l'adresse OCDE website: <https://cri-paris.org/wp-content/uploads/OCDE-francois-taddei-FR-fev2009.pdf>
- Tchounikine, P. (2017). Initier les élèves à la pensée informatique et à la programmation avec Scratch. Consulté 14 mars 2019, à l'adresse http://lig-membres.imag.fr/tchounikine/PenseeInformatiqueEcole.html#_Toc440014688
- Theureau, J. (2010). Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche « cours d'action ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, Vol 4, n° 2(2), 287-322.
- Tricot, A. (2017). *L'innovation pédagogique*. Retz.
- Vygotski, L., Brossard, M., Anokhina, O., Fernandez, G., & Sève, F. (2011). *Leçons de psychologie*. Paris: La Dispute.
- Weinberg, A. (2015, mai). Vocabulaire de l'innovation. *Sciences Humaines, Grands Dossiers* (38 Innovation et créativité). Consulté à l'adresse https://www.scienceshumaines.com/vocabulaire-de-l-innovation_fr_34088.html

Annexes

Annexe 1 : p 86 Présentation des fonctionnalités des robots sous forme schématique

Annexe 2 : p 87 Présentation imagée des consignes de travail à destination des élèves

Annexe 3 : p 88 Exemples de documents complétés à la séance du 7/02 (liste d'idées)

Annexe 4 : p 89 Exemples de documents produits par les élèves à la séance du 7/02 (cartes mentales)

Annexe 5 : p 91 Exemples de documents produits par les élèves à la séance du 14/02 (document synthétique) et photogrammes réalisés à partir de la captation vidéo (construction des maquettes)

Annexe 6 : p 93 Photo et exemples de documents produits par les élèves à la séance du 21/03 (tutoriels robots)

Annexe 7 : p 94 Exemples de documents produits par les élèves à la séance du 28/03 (story-board)

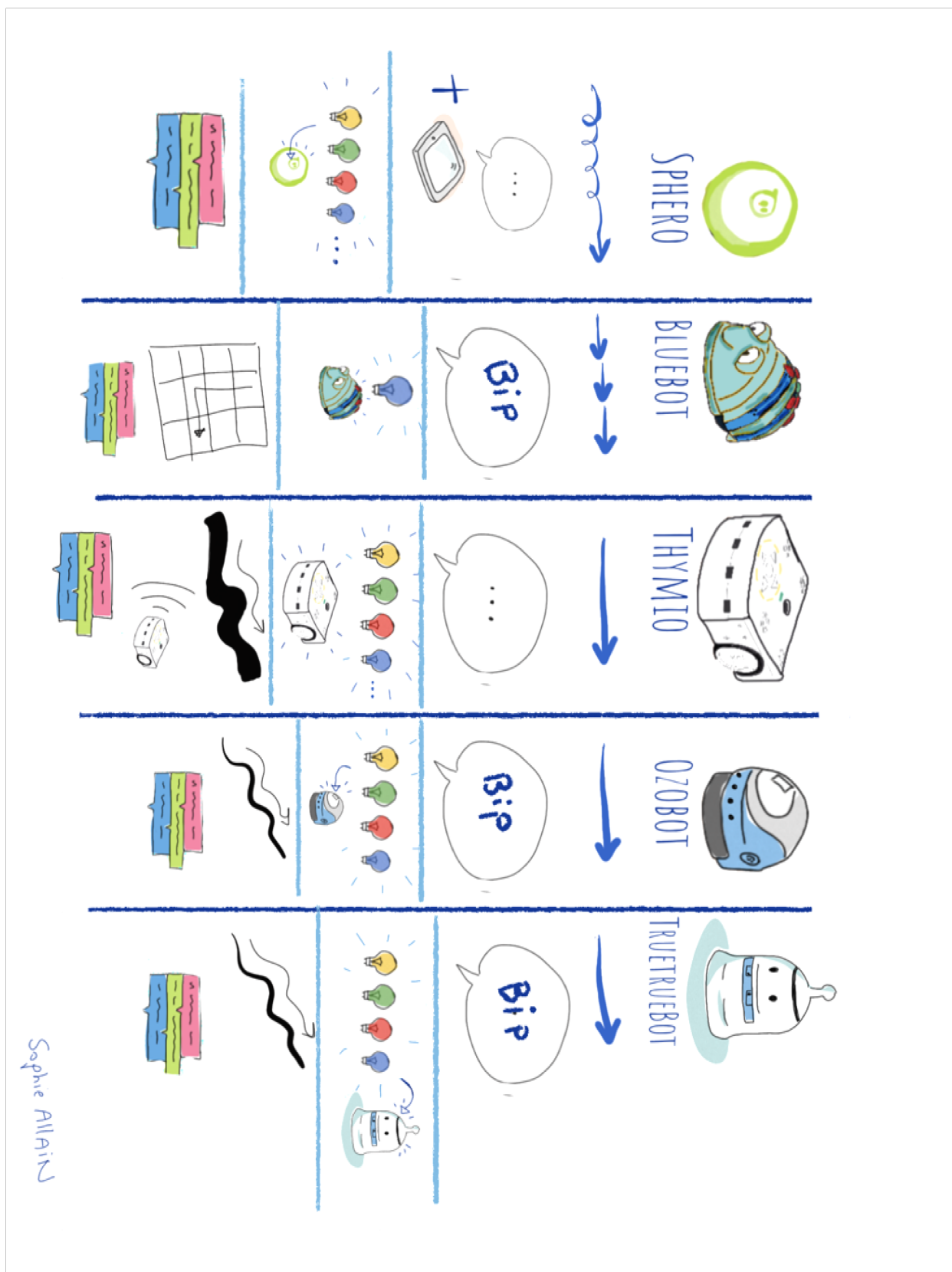
Annexe 8 : p 95 Graphiques et analyse réalisés à partir du sondage

Annexe 9 : p 99 Frises et schémas (exemples) réalisés à partir des captations vidéo effectuées à l'ESPE le 14/02

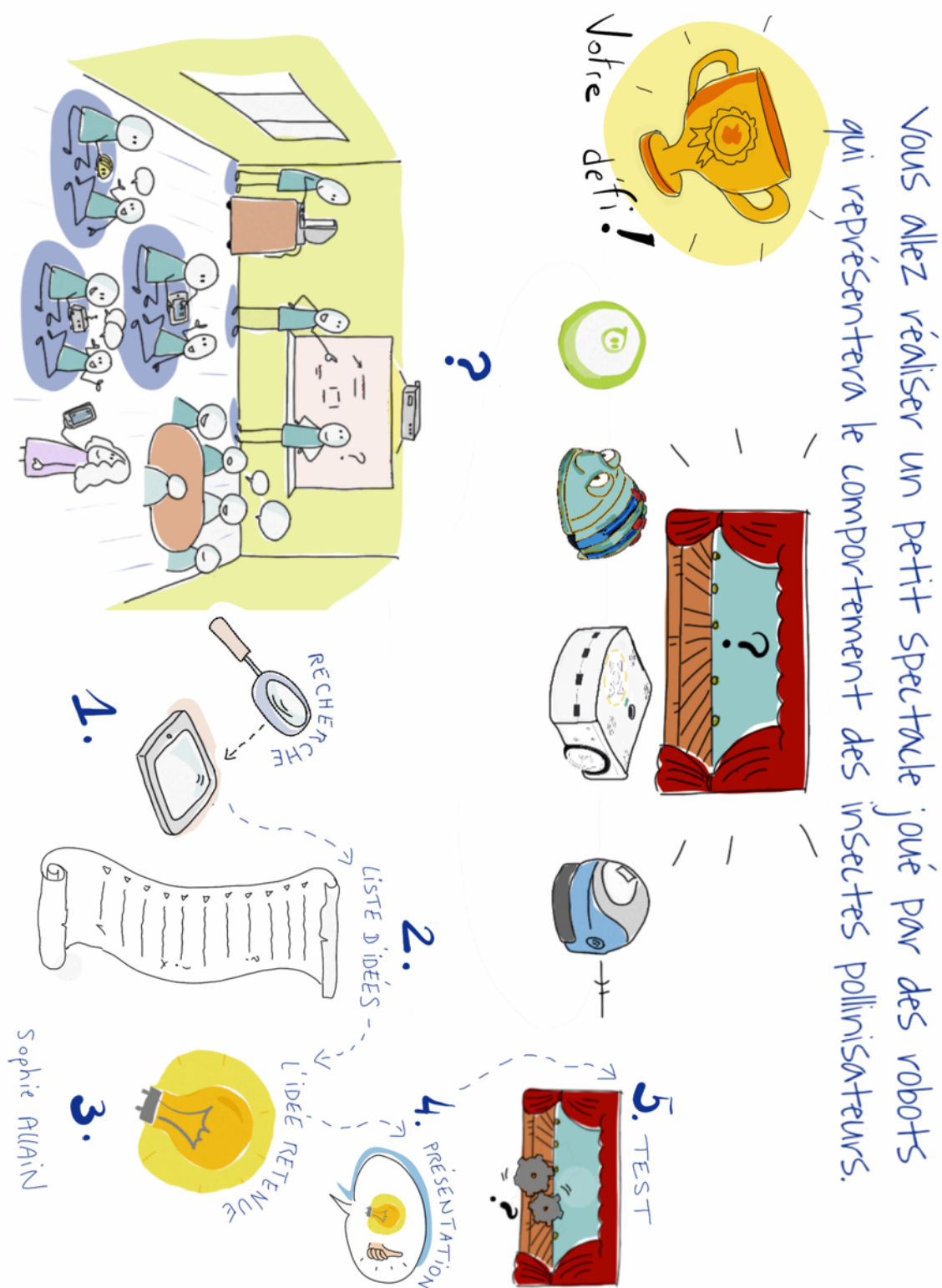
Annexe 10 : p 102 Transcription et codage des enregistrements réalisés à la séance du 7/02 (Exemple)

Annexe 11 : p 108 Transcription des entretiens d'autoconfrontation (Exemple)

Annexe 1 : Présentation des fonctionnalités des robots sous forme schématique



Annexe 2 : Présentation imagée des consignes de travail à destination des élèves

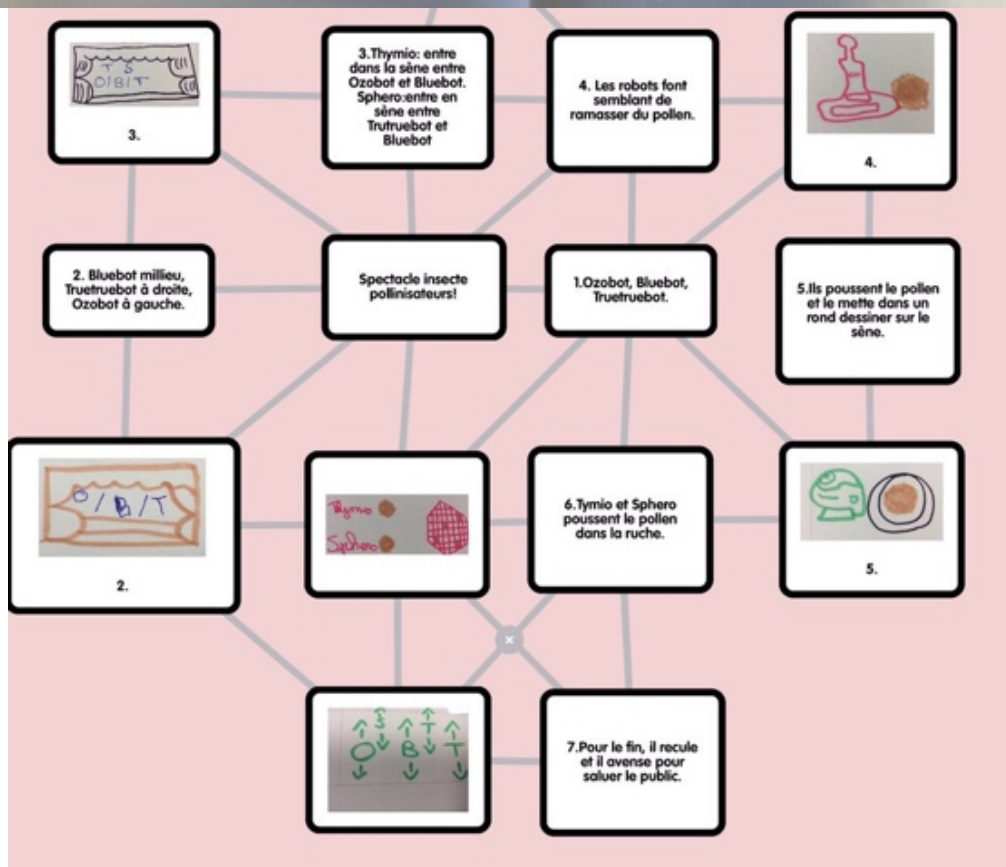
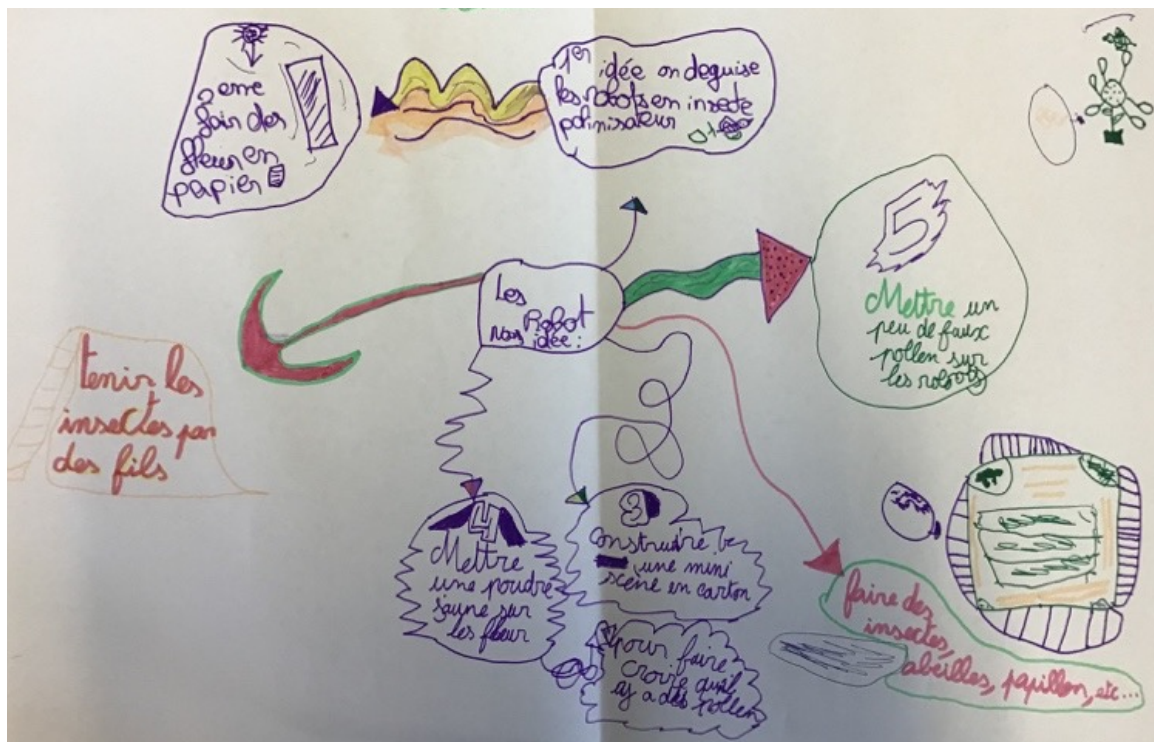


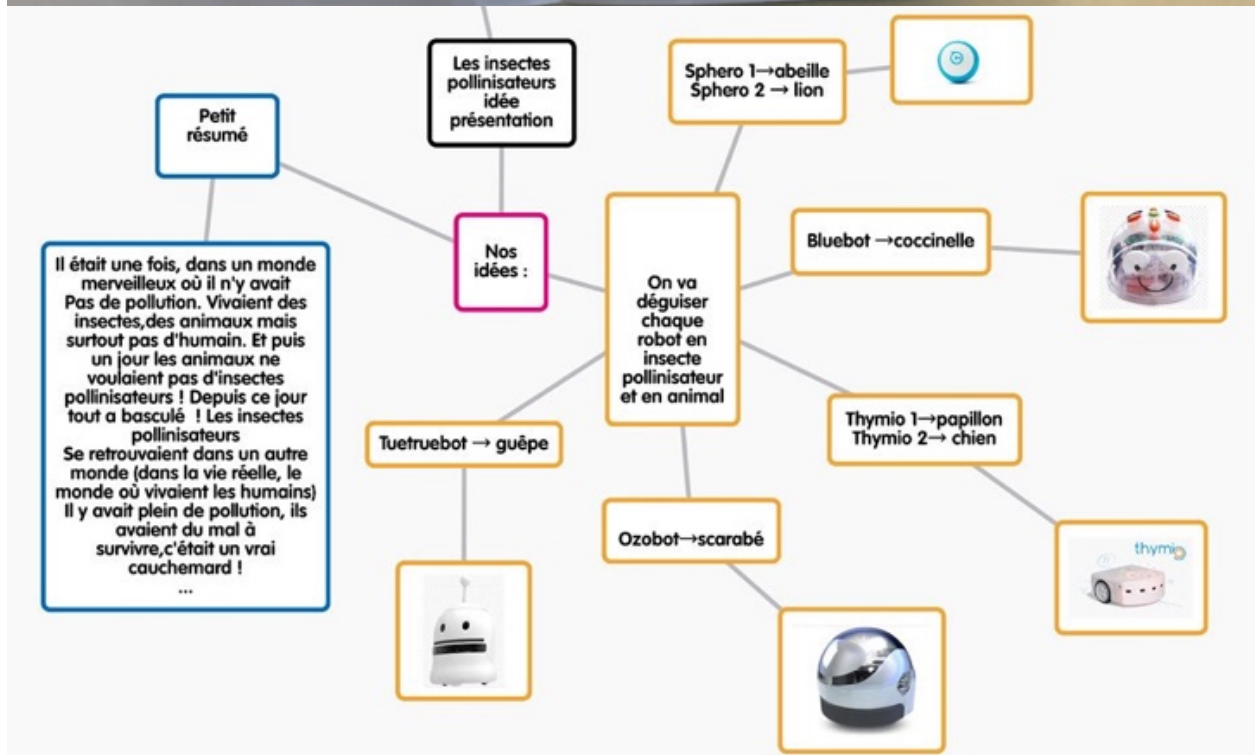
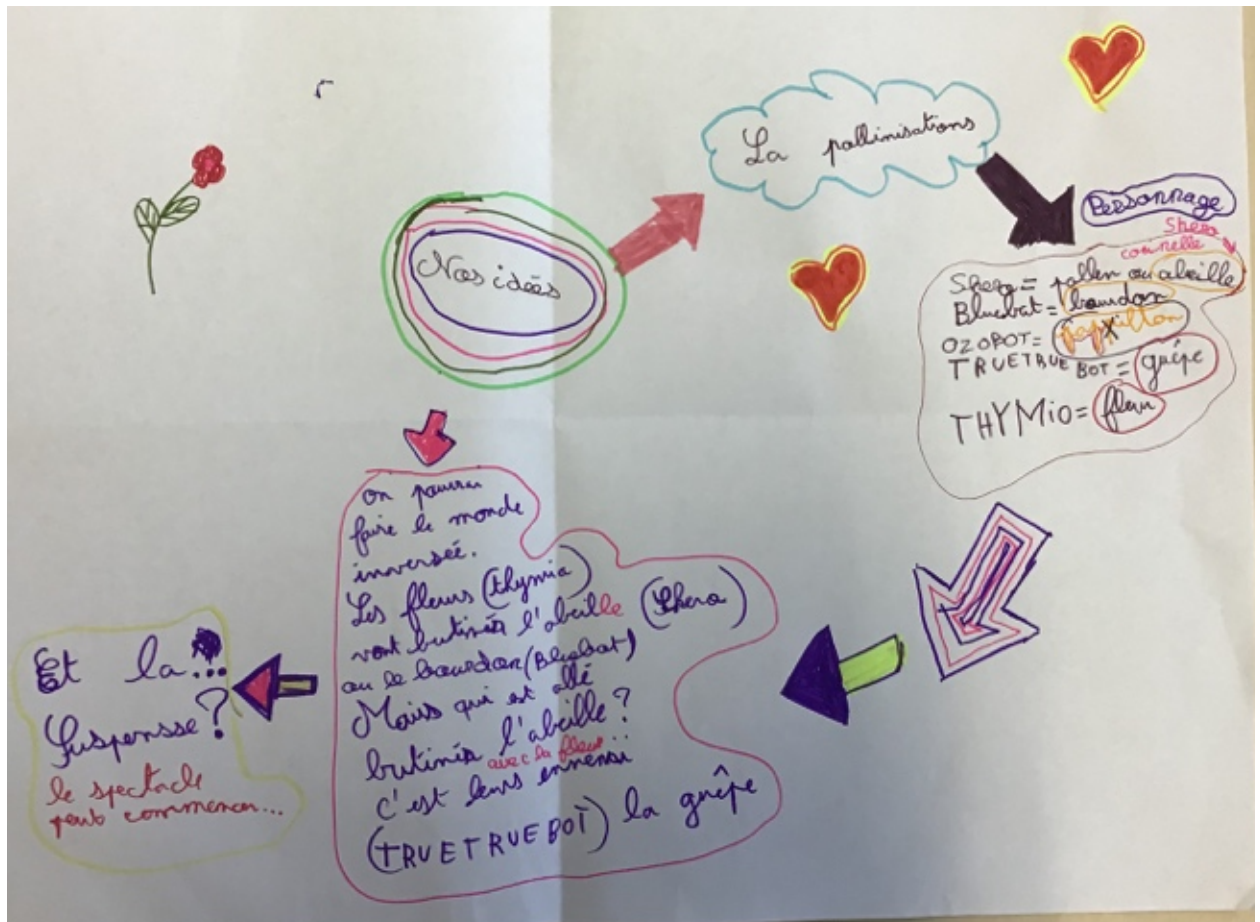
Annexe 3 : Exemples de documents complétés à la séance du 7/02 (liste d'idées)

NOS IDÉES : « ET SI ON FAISAIT ... »	
↳ J'écris mes idées	↳ J'illustre rapidement si j'en ai envie
On déguise les robots en insectes pollinisateurs.	
Faire des fleurs en papier.	
Construire une mini scène en carton.	
Créer une petite scène avec les fleurs en papier pour faire croire qu'il y a des robots.	
Créer un jeu de fleurs pollinisateurs.	
Tenir les insectes qui volent avec des fils.	
Faire les insectes : abeilles, papillons, bourdon.	

NOS IDÉES : « ET SI ON FAISAIT ... »	
↳ J'écris mes idées	↳ J'illustre rapidement si j'en ai envie
Construire une maquette dans le robot avec un hôtel à insectes et une herbe.	
Faire une feuille (matière kinetic) et inventer des robots sur les robots (ailes, capes, chapeau, bonnet).	
Faire des textes pour chaque de nous qu'on finit pour les robots.	
Programmer les robots et leur ce qui vont faire.	
Créer, avec nous, des robots. Choisir quel insecte pour les robots.	
Faire, Reconstruire des insectes pollinisateurs sur internet et les imprimer et les découper et faire quel que chose.	
Faire une BD qui va expliquer l'apiculture des insectes pollinisateurs et leurs dévouement et leur vie.	

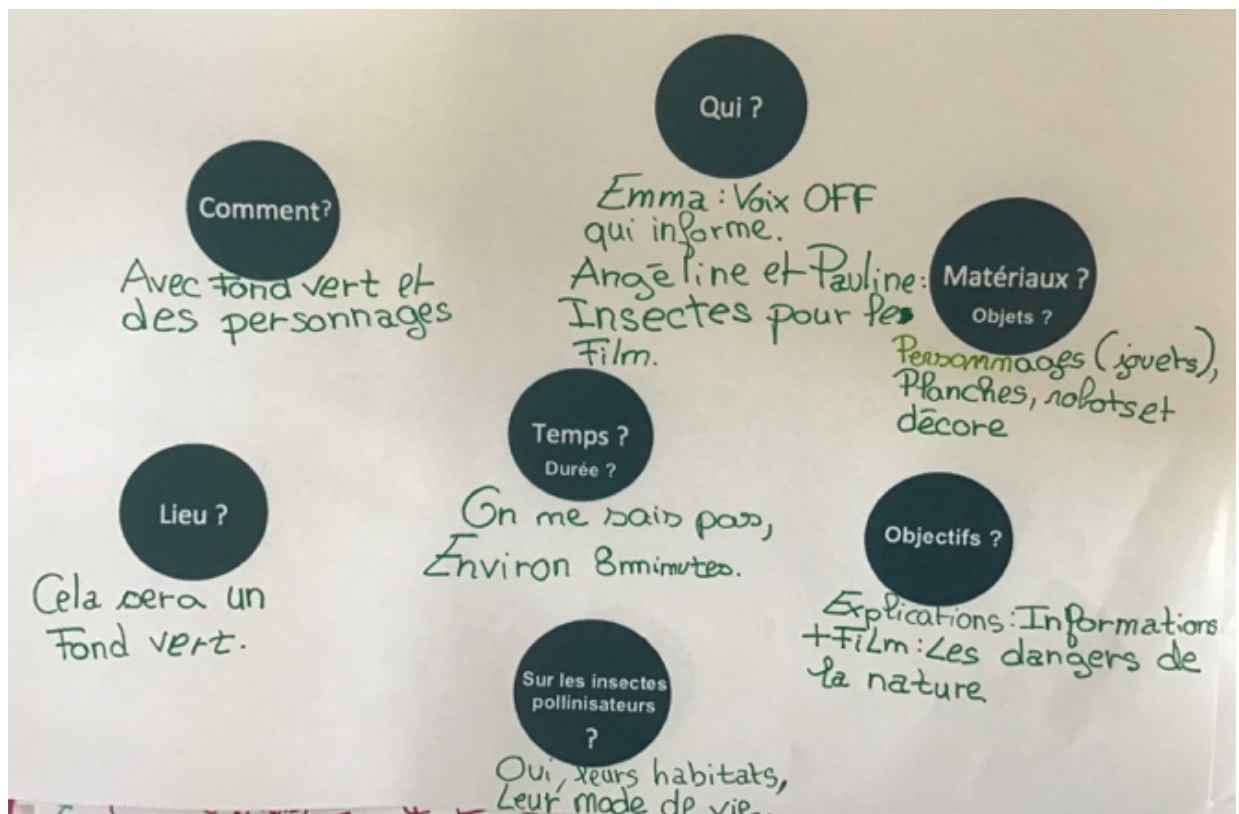
Annexe 4 : Exemples de documents produits par les élèves à la séance du 7/02
(cartes mentales)





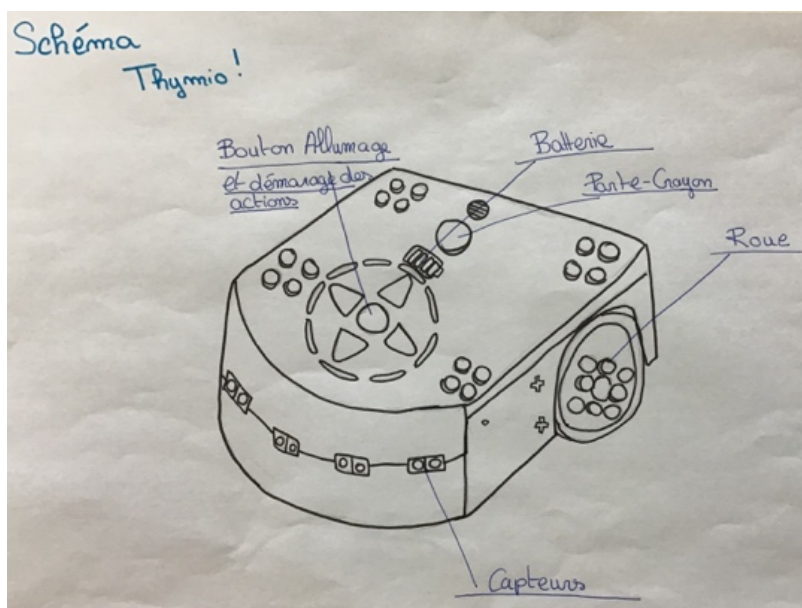
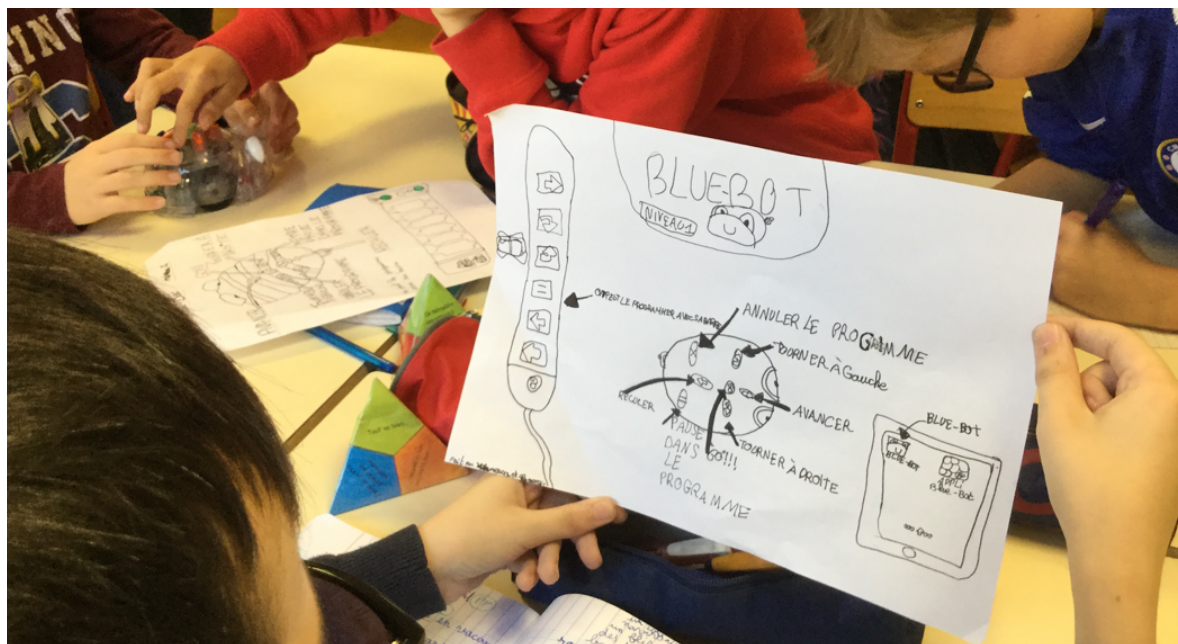


Annexe 5 : Exemples de documents produits par les élèves à la séance du 14/02 (document synthétique) et photogrammes réalisés à partir de la captation vidéo (construction des maquettes)



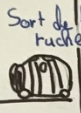
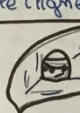
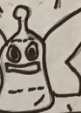


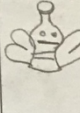
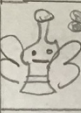
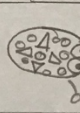
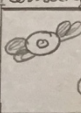
Annexe 6 : Photo et exemples de documents produits par les élèves à la séance du 21/03 (tutoriels robots)



Si il détecte un objet derrière lui il va aller plus vite pour s'enfuir.
 Sur tablette on peut diriger Bzobot et lui faire des parcours.
 Il peut dire des codes couleur, en tout il y en a 4 : noir - bleu - rouge - et vert.
 On peut aussi diriger Bzobot par tablette et faire des blocs pour lui dire quoi faire : on peut lui dire de se déplacer en avant à gauche etc...
 tourner à 45°, et lui donner sa vitesse.
 Il y a plusieurs choses pour faire des blocs : les mouvements - les effets de lumière - timing - faire des choses en boucle - lui faire des sons. SUR la tablette il y a un mode drive. Petit schéma de la tablette.

Annexe 7 : Exemples de documents produits par les élèves à la séance du 28/03 (story-board)

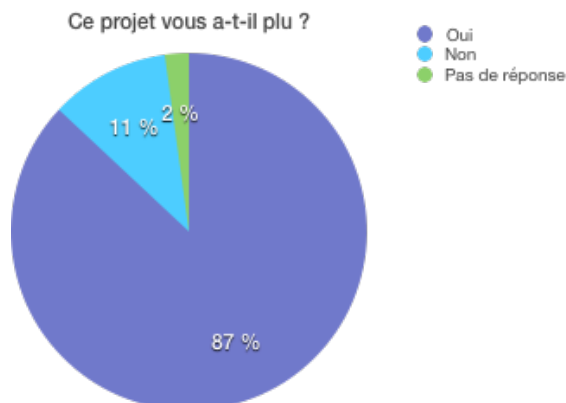
Étapes du spectacle	étape 1	étape 2	étape 3	étape 4
Résumé	Abaille sort de sa ruche (fait des trucs d'abeilles) + Explications	Cocimelle s'envole de sa feuille (fait des trucs de cocimelle) + explications	Papillon s'envole de sa feuille (fait des trucs de papillon) + Explications	Plusieurs insectes en jeu (film) + voix off du groupe + parodies scènes
Dessin				
Programmation du robot-1 pour le déplacer/ le faire agir	BlueBot programmé avec les flèches de son dos.		Lignes + codes couleurs (I va droit)	Lignes + codes couleurs comme avant! (même utilisation des lignes)
Programmation du robot-2 pour le déplacer/ le faire agir	1) Sort de la ruche: Flèche tout droit	Robot programmé avec des lignes (suivra des lignes) (avec des codes)	Lignes + codes (I va dans les)	
Programmation du robot-3 pour le déplacer/ le faire agir	2) Se promène: Toutes les flèches	Lignes pour continuer à marcher	TrueBot programmé avec des lignes (suivra des lignes) (avec des codes)	Les trois premiers robots même programmation avec un film (plutôt pour faire film)

Étapes du spectacle	étape 1	étape 2	étape 3	étape 4
Résumé	Le papillon arrive en scène et s'envole à cocimelle et abaille.	Puis la mouche arrive et on commence à apprendre la vie des insectes pollinisateurs	La cocimelle va nous expliquer des choses sur la vie de tout les autres.	Les explications sont terminées et ils vont partir jouer. Et vont essayer de s'envoler.
Dessin				
Programmation du robot-1 pour le déplacer/ le faire agir	TrueBot: Sur tablette avec le programme ALGORITHM CARD le faire avancer tout droit puis le tourner à gauche au public.	Ozobot: Sur tablette avec le programme joystick le faire aller à côté de la cocimelle.	Bluebot: Sur tablette avec le programme des flèches, va tourner à droite puis avancer et tourner à gauche pour se mettre à côté du papillon.	Nous allons essayer de les faire voler sans nos mains sur la tablette.
Programmation du robot-2 pour le déplacer/ le faire agir	Blue bot: Sur tablette avec le programme des flèches, il va aller tout droit et se placer devant le papillon.		Sphero mimi: Sur tablette avec le programme joystick, va aller à côté du papillon.	
Programmation du robot-3 pour le déplacer/ le faire agir	Sphero mimi: Sur tablette avec le programme joystick, le faire aller à côté de truebot.		Ozobot: Sur tablette avec le programme joystick, va aller se mettre bien en face du papillon.	
Voix (dialogue/				

Annexe 8 : Graphiques et analyse réalisés à partir du sondage

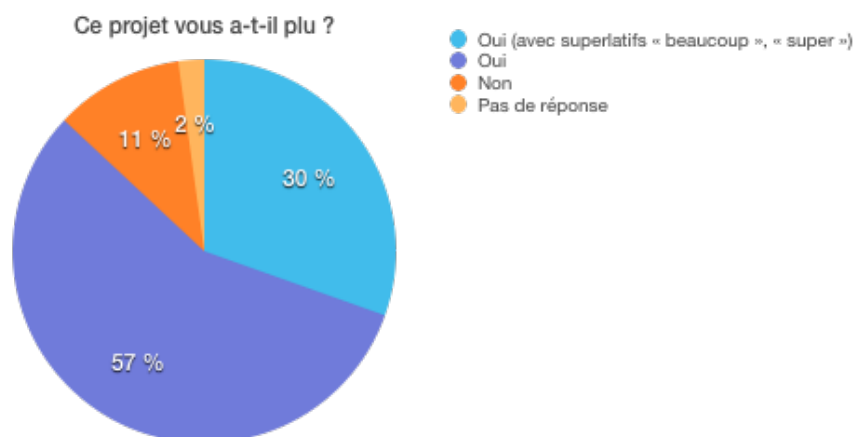
Nombre de réponses Oui/non :

Réponses	nombre de réponses
Oui	40
Non	5
Pas de réponse	1



Sondage

RÉPONSES	NOMBRE DE RÉPONSES
Oui (avec superlatifs « beaucoup », « super »)	14
Oui	26
Non	5
Pas de réponse	1



Termes utilisés à la question 2, pourquoi avez-vous aimé ce projet ? Qu'avez-vous préféré ?

Pour ceux qui ont apprécié :

*groupe spectacle programmer robots manipuler robots ESPE théâtre rigolo
imaginer manipuler robots inventer histoire ESPE groupe ESPE découvrir robots
spectacle dialogue original créer scènes essayer robots ESPE idées robots déguiser
créativité programmer robots tester robots programmer robots créer histoire
robots programmer robots numérique apprendre insectesPollinisateurs idées
groupe réfléchir tester rechercher amusant programmer robots ESPE manipuler
robots groupe apprendre insectesPollinisateurs montage programmer robots
robots ESPE robots contrôler robots commander robots groupe robots robots
robots groupe robots manier robots robots tester*



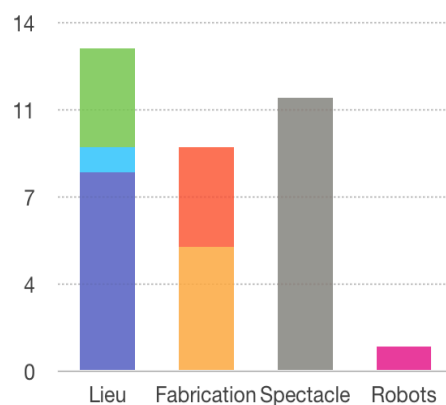
Ceux qui n'ont pas aimé :

Parce qu'il fallait ne choisir qu'un seul spectacle à la fin ; je n'aime pas trop la programmation ; on était obligés d'utiliser les robots ; difficile ; les robots ce n'est pas trop mon truc.

Question 3 : à quel moment avez-vous été créatifs ?

	<i>Créativité associée à un lieu</i>	<i>Fabrication plastique</i>	<i>Spectacle</i>	<i>Robots</i>	<i>Autres</i>
1	ESPE	Déguiser robots	Créer l'histoire	Programmer les robots	Avec la carte mentale
2	ESPE	Costumes robots	Créer l'histoire		Avec mon groupe
3	maison	maquette	Inventer l'histoire		Carte mentale
4	ESPE	Fabriquer les ailes	L'histoire		recherches
5	ESPE	dessiner	Trouver les idées		Au début du projet
6	A l'école	Déguiser Ozobot	Écrire les scénarios		
7	ESPE	Construire le décor	Trouver des idées pour le spectacle		
8	ESPE	Faire des cartes et des affiches	Inventer des histoires		
9	ESPE	Construire l'hôtel à insectes	Créer des scénarios		
10	ESPE et école	Créer les déguisements des robots	Réfléchir à l'histoire pour le spectacle		
11	école		spectacle		
12	école				
13	ESPE				

DESCRIPTION	LIEU	FABRICATION	SPECTACLE	ROBOTS
ESPE	8			
maison	1			
école	4			
fabriquer un déguisement		5		
construire une maquette		4		
inventer l'histoire, le scénario du spectacle			11	
programmer les robots				1



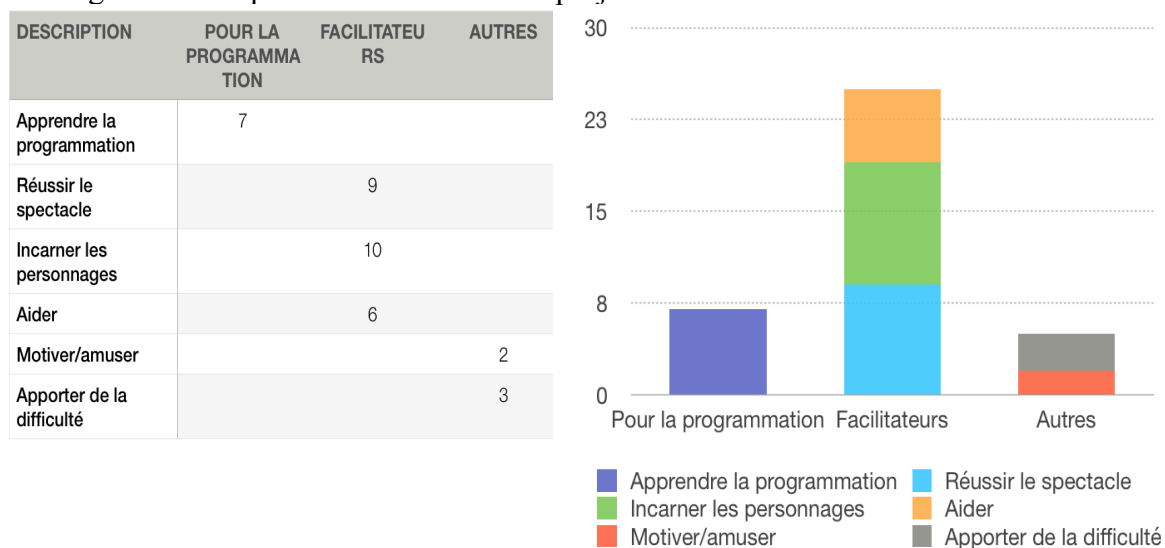
- programmer les robots
- inventer l'histoire, le scénario du spectacle
- construire une maquette
- fabriquer un déguisement
- école
- maison
- ESPE

Question 4 : Qu'est-ce que les robots ont apporté au projet ?

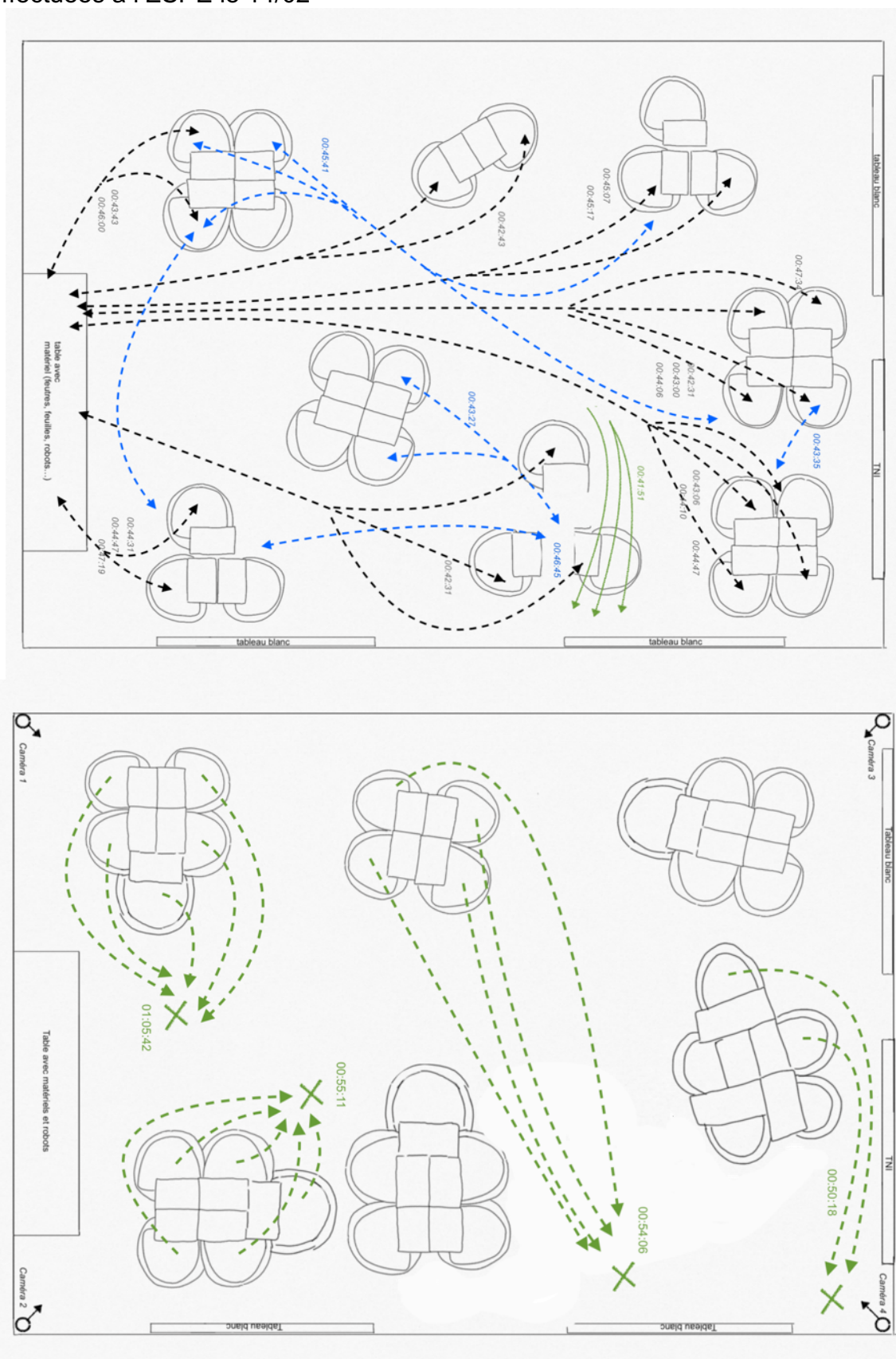
<i>Pour eux-mêmes</i>	<i>Facilitateurs</i>			<i>Un plus ou pas</i>	
<i>Apprentissage de la programmation</i>	<i>Réussir le spectacle</i>	<i>Incarner les personnages</i>	<i>Aident à ...</i>	<i>Motivation/amusement</i>	<i>Difficultés</i>
connaissances en robotique	faire le spectacle	les acteurs	idées de déguisements	de l'amusement	du fil à retordre
savoir comment programmer	aider à créer le spectacle	faire les personnages	des idées	de l'envie	De l'organisation et de la difficulté
programmer	de l'aide pour le spectacle	les personnages	nous aider		De la difficulté
apprendre à manipuler et programmer certains robots	pour la scène	de la technologie pour des personnages électroniques	nous aider		
A les programmer	de l'originalité pour notre spectacle	de l'aide pour mimer les insectes	tout apporté l'imagination		
En apprendre plus sur la programmation	Une nouvelle façon de créer un spectacle	faire les personnages	de la facilité		
Apprendre / tester	pour le spectacle	De l'aide pour reproduire les insectes			
	La beauté du spectacle	A faire des insectes			
		Des personnages qui exécutent nos ordres			

	Grâce à eux, on a pu faire le spectacle	Faire les acteurs			
--	---	-------------------	--	--	--

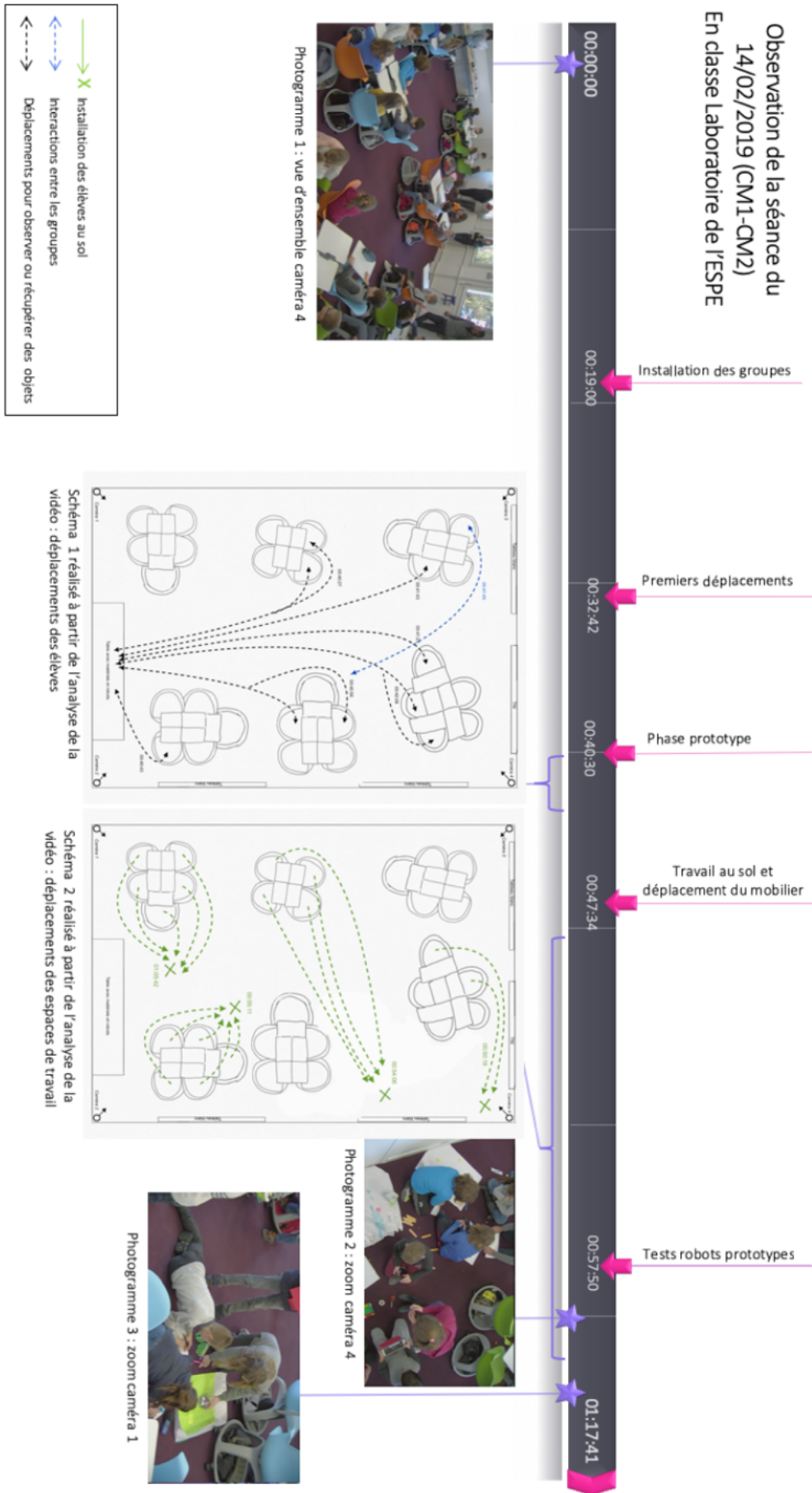
« je ne pense pas qu'ils ont apporté beaucoup de choses mais j'aime bien les manipuler »
« C'est grâce à eux que l'on a commencé le projet »



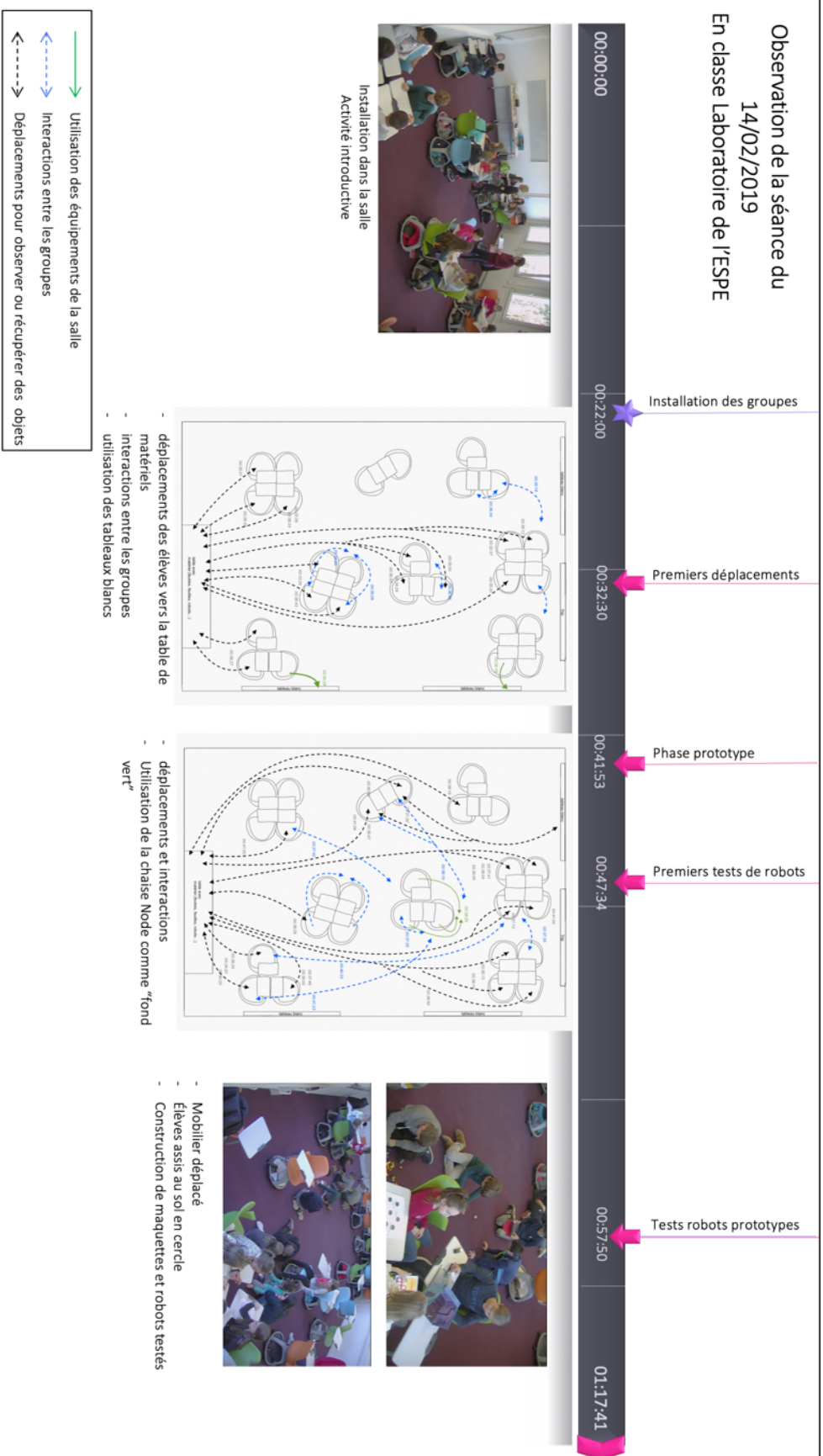
Master 2 IRE - Année universitaire 2018-2019



Observation de la séance du
14/02/2019 (CM1-CM2)
En classe Laboratoire de l'ESPE

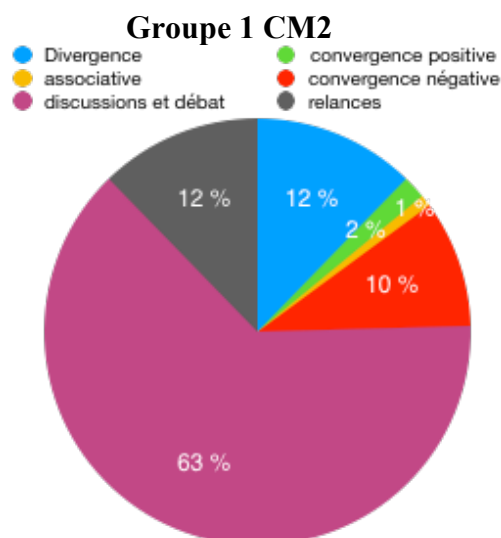


Observation de la séance du 14/02/2019 En classe Laboratoire de l'ESPE



Annexe 10 : Transcription et codage des enregistrements réalisés à la séance du 7/02 (Exemple)

<silence>
 / petite pause
 // pause plus longue
 <...> phrase laissée en suspens ou coupée par un autre interlocuteur
 En = enseignant ; e1 = élève1, ... e? = indistinct
 <mots qui retardent le moment de répondre>
 (...) parties coupées
 « ... » lecture d'un texte ou citation



Divergence	associative	convergence positive	convergence négative	discussions et débat autour des idées	relances
14	1	2	11	72	14

e4 : On pourrait mettre de herbe sur la scène
e1 : On n'a pas beaucoup d'idées, là / On n'en a qu'une, hein ?!
e4 : Oh, on pourrait faire / de l'herbe en papier / on pourrait mettre un petit tapis vert ?/
(rires)
e4 : Quoi ?! <...> Mais qu'est-ce qu'il y a avec mes idées ?!
(rires)
e3 : de l'herbe en papier ?!/
e1 : non mais c'est pas mal, on avait fait ça avec / les oeufs de Pâques !/ l'année dernière
e2 : Ah oui / j'avais oublié ça !
e1 : Bon, on en est où ? On n'a fait qu'une idée là !
e4 : ça craint !
(...)
e1 : Après / y a pas d'autre idée que la maquette en carton ! /
<...>

e1 : je m'ennuie là / je vais continuer à colorier !/
e2 : comme robots / déjà vous voulez quoi {e1}, {e4}, {e2} // Vous voulez quoi comme robots ?
e1 : Moi TrueTrueBot et Sphero / parce que <...>, (...)
e1 : Ok c'est bon / Ben moi, je prends la coccinelle /
e4 : On prend Bluebot
e3 : On prend Thymio
e1 : On s'en fout de Thymio
e2 : Non, on prend Thymio
e3 : Non, on prend Sphero, parce qu'il peut changer de couleur
e4 : Thymio aussi il peut changer de couleur !
e2 : Déjà, on prend TruettrueBot et la coccinelle !
e1 : TrueTRueBot, coccinelle, Sphero, voilà !
e2 : non mais on prend aussi Thymio !
e1 : non mais on s'en fiche de Thymio,
e3 : On ne va pas en prendre 4 !
e2 : Venez voir tous les robots qu'on prend, moi je dis !
e1 : Ok, puisque c'est comme ça !
e2 : Regarde, on prend lui ...
(phrases indistinctes)
e3 : On prend qui comme robots ?
e1 : donc // une autre idée ! //
e3 : Bon / déjà / on peut noter quels robots on va prendre /
e1 : <Ben> oui / mais les robots / on les note où ?/
e4 : <ben> / on les note // sur une feuille /
en : Vous avez déjà imaginé un scénario ?/
e4 : oui /
e1 : <Ben> / on a imaginé / une maquette / en carton // On la construit / et après / on met les robots /
en : Lesquels ?
e1 : Madame / on les note où / les robots qu'on prend ?
(réponse indistincte)
e1 : Je peux écrire ?
e2 : Alors ? / on prend lesquels ?/
e4 : On prend qui ?
e1 : <euh> Bluebot /
e2 : Sphero /
e3 : On prend Sphero ?
e1 : Bluebot /
e3 : On prend la coccinelle ?

(...)
e3 : Trutuebot !
(...)
e3 : Ozobot
e4 : Y a Trutuebot !
e1 : On l'a déjà mis !
e3 : On l'a déjà marqué
e4 : Ah / on l'a déjà marqué !
(...)
e1 : Alors / les robots / Bluebot / Truebot / Ozobot / et Sphero
(...)
e2 : <Eh oh> / on met quoi comme une autre idée ?
e4 : <Ben> / je ne sais pas moi !
e3 : <Ben> je ne sais pas / Dessine déjà les robots !
e1 : Non / On s'en fiche de dessiner les robots / tout le monde sait à quoi ça ressemble !/
(...)
e1 : Bon allez / on fait quoi maintenant ?
e2 : Est-ce qu'on peut marquer l'idée / de ce qu'on va faire sur la scène / avec les robots ? // On va faire quoi ?
e1 : <ben> / on les fait bouger /
e4 : <Ben> c'est un peu logique / quoi ! / Si on veut créer une scène / on ne va pas / les laisser sur place /
e2 : On va cueillir une fleur / et on va la poser // entière /
(...)
(dispute sur qui doit faire quoi, et sur qui doit prendre la tablette)
e4 : Et si on faisait / une maquette en carton ! // et si on faisait / les robots //
(...)
(discussions diverses hors-sujet)
e1 : Ohoh / les idées !! / J'ai l'impression / que je suis la seule / à essayer de travailler /
e4 : T'es pas la seule à travailler ! /
(...)
e3 (lit ce qui a été écrit) : Faire une scène / en carton !/
e2 : Ok / faire une scène // y a un -e /
e1 : Et puis là / on peut mettre une sorte de photo /
e4 : une scène ! / t'as écrit une [zène] !
(rires)
e1 : avec un -c / -c !
e2 : Bon / c'est bon / je ne suis pas un pro de l'orthographe /
(...)
e3 : Bon c'est quoi / les robots ?

(...)
e4 : Bluebot / Truettruebot / Ozobot / et Sphero
e2 : mais on marque pas ça ! / C'est pas ça des idées ! / Faire une scène / en carton // ça n'a pas de sens !
e4 : si ! /
e2 : Oui mais / « faire une scène en carton / les robots sont » /
e4 : seront
e2 : oui / voilà / les robots que l'on utilise / seront /
e3 : Déjà / il faut expliquer / comment on va faire / la scène en carton ! /
e2 : Faut dire / pourquoi / on fait une scène en carton !
(...)
e4 : c'est Bluebot / la coccinelle ! /
e1 : Je reviens / je vais demander à Lily ! /
(...)
e1 : Alors / Sphero représentera une abeille / Ozobot / <...>
e2 : oui mais <...>
e4 : Ozobot / c'est lequel déjà ? // c'est le tout-petit là ? /
e1 : Oui le mini / trop choupinou ! /
e4 : Celui qui est tout-petit et qu'on galère / à allumer ! /
e1 : Oui
e4 : Eh bien, lui, il représentera un insecte parasite ! /
e1 : un insecte parasite ? /
e4 : Je rigole /
e1 : un autre insecte ?
e4 : Attends / tu as oublié de marquer / le rôle de / Bluebot ! /
e3 : Tu le marqueras après ! /
e4 : Ozobot / tu le mettras / dans un autre / insecte /
(...)
e3 : Vous corrigerez les fautes d'orthographe plus tard !
(...)
e3 : Vas-y / Tu peux lire /
e1 : Alors / Sphero représentera une abeille / Ozobot / sera un insecte / et Bluebot / une / coccinelle /
e4 : Et le / Sphero ?
e1 : Je ne sais pas !
(...)
e2 : Faut que tu fasses la carte mentale / Fais la carte mentale ! /
(...)
e1 : Vous n'avez pas une autre idée ?
(...)
e3 : C'est quoi le rôle de Truettruebot ? / {e4} c'est quoi le rôle de Truettruebot ? /

e1 : Truetrubot ? / eh ben / On sait pas justement ! /
e3 : On va pas l'enlever ?
e1 : Ouais /
e4 : Ça sera / un insecte / pollinisateur !
e2 : Mais à la base / ça devait pas être une feuille ? / on un truc comme ça ?
e1 : Non mais une fleur ! / mais on va la faire en carton ! / c'est plus simple !
e3 : ben / oui / On en cueille une / et on la scotche /
e1 : oui mais / elle serait / trop petite / pour les robots ! // en plus après / y aura du pollen / partout ! /
(rires)
e2 : sur une feuille / y a pas de pollen /
e1 : mais non / sur une fleur // si on prend une vraie / fleur
e3 : le rôle ?
e1 : Bon / j'aimerais bien savoir si vous avez d'autres idées ? // parce que moi / j'en ai pas // Par contre / TruettrueBot / on l'enlève / du coup !
e4 : Truettruebot ? / mais c'est lequel déjà ?
e1 : C'est celui avec / l'antenne // Non mais / moi je l'aime bien mais / il sert à rien ! /
e4 : Il sert à rien !
e1 : Truettruebot / il est pas intéressant / je veux dire / on n'en a pas besoin ! // On a déjà BlueBot / Ozobot / et Sphero ! /
e2 : Pour une pro des robots ?! / t'adores ça / et <...>
e1 : j'ai jamais dit que / j'adorais les robots /
e4 : si / si
e1 : Non mais / voilà / Truettruebot / il est bien / mais après / on aura trop / d'insectes quoi // et pour une fleur, ça le fait pas trop ! /
(rires)
(...)
e3 : {e4} C'est quoi le rôle d'ozobot ?
e4 : un bourdon /
(les élèves échangent sur un autre sujet, évoquent des souvenirs de sorties scolaires)
e1 : Oui / bon / bref / on peut reparler du projet / peut-être ?
(...)
(un autre élève arrive dans le groupe)
e# : ça sert à quoi la télécommande ? / c'est un micro ?
e1 : c'est un dictaphone / ça nous enregistre /
e# : Vous l'utilisez / là ?
e1 : ben oui / parce que / regarde / là // Tu vois / on a déjà parlé / 25 <...> Non mais ils ne nous entendent pas / ça enregistre que sur le dictaphone /
e# : Là / si tu parles / ils vont t'entendre / là-bas ?
tous : mais non !
e1 : Ils auront qu'à faire pause / quand on aura fini l'enregistrement / ils écouteront le nôtre // et là / ils vont entendre / plein de trucs !

(rires)
(...)
e4 : Il faut mettre le scénario / de / du truc avec la fleur /
e3 : donc / qui va butiner la fleur en premier ?
e4 : Il n'y en a qu'un seul qui va butiner / la fleur
e3 : ben oui /
e? : (indistinct)
e4 : Tu crois qu'une fourmi / ça butine des fleurs ?
e3 : non mais c'est qui qui va butiner la fleur en premier / c'est le bourdon / la coccinelle ou / l'abeille ?
e4 : le bourdon ! / <euh> / abeille / abeille ! // l'abeille va butiner / et puis <...>
(phrases indistinctes)
e3 : On a dit que Bluebot / c'était une / coccinelle /
(...)
e4 : Il faut rendre la scène / la plus réaliste possible ! /
(...)
e2 : Il est quelle heure ?
e4 : 11h10
e2 : Yes ! / on rentre / à la cantine / Pas de travail / ce matin !
(...)
en : Tu fais attention avec les roulettes / tu vas forcément tomber / à un moment /
(...)
e4 : T'en es où là ? /
e2 : T'as noté mon idée ?
e1 : oui oui /
(...)
(phrases indistinctes)
e4 : Non mais / pendant que l'abeille et le bourdon butinent /
e1 : (indistinct)
e2 : {e4} ?
e4 : le bourdon / le bourdon / la coccinelle va se déplacer / pendant que <...>
e1 : Ahh / Ok !
(...)
en : Le stylo par terre ?
e3 : Bon / alors ? / Vous voulez faire quoi ?
(...)
(fin de la séance)
40:17

Annexe 11 : Transcription des entretiens d'autoconfrontation (Exemple)

<silence>
/ petite pause
// pause plus longue
<...> phrase laissée en suspens ou coupée par un autre interlocuteur
E = enquêteur ; e1 = élève1, ... e? = indistinct
<mots qui retardent le moment de répondre>
(...) parties coupées
« ... » lecture d'un texte ou citation

—> Vidéo {e1} montrée

e1 : En fait, je regardais les robots pour savoir combien y en avait <...>

E : Oui /

e1 : Et <...>

E : Et à quoi ça te servait de savoir combien il y en avait ?

e1 : savoir // <euh> / quel / <euh> / rôle ils allaient prendre <...>

E : Oui

e1 : en fonction de leur apparence /

E : D'accord // donc tu venais voir à quoi ils ressemblaient / et puis ensuite une fois que tu repartais tu faisais quoi ?

e1 : <euh> je disais <euh> y en a <en fait> y en a un de plus, donc il faudra rajouter un / un rôle de plus // et d'en mettre / quatre <...>

E : Un rôle de plus dans le spectacle ?

e1 : oui

E : D'accord ! / à qui tu disais ça ?

e1 : <Ben> à mon groupe /

E : à ton groupe ? // Ok / et les autres, du coup, vous réagissiez comment ? // Vous aviez des questions particulières ? / Vous aviez demandé à {e1} d'aller voir les robots ?

e3 : Ben, elle y est allée toute seule !

E : D'accord // Ok /

—> Vidéo {e2} montrée

E : Donc {e2} ?

e2 : C'est pour retrouver leur prénom <...>

E : D'accord / Toi tu prends la fiche / que j'avais donnée avec les robots /

e2 : Ben oui / pour savoir leur prénom !

E : D'accord /

e2 : et / pour pouvoir <ben>

E : Où est-ce que tu avais ces prénoms ?

e2 : ben sur la fiche / y avait les prénoms des robots / et du coup, je suis venue pour voir <euh> les robots et puis, pour retenir leurs prénoms /

E : D'accord / savoir quel prénom avait quel robot sur la table /

e2 : oui

E : Et / après, ces prénoms-là, ils te servaient à quoi / dans la recherche ?

e2 : Pour après faire / <euh> la carte mentale / parce que si on ne savait pas leur prénom / on ne pouvait pas leur donner <euh> // des insectes /

E : D'accord, donc les robots vous leur donniez des insectes ? / Vous pouvez m'expliquer ça ?

e4 : On leur attribuait des insectes /

E : D'accord /

e3 : En fonction de leur taille / par exemple / Bluebot <...>

e5 : Bourdon

e3 : Il devenait un bourdon / Thymio / on leur fixait des papillons dessus /

E : Oui

e1 : des ailes de papillon

e3 : Ozobot / c'était pas une abeille par hasard ? /
e1 : <euh> attends, c'est pas <...> c'est un syrphé /
e3 : ah oui //
E : Donc / à chaque robot / correspond un insecte ?
e1, e2 : Oui (*hochements de têtes des autres*)
E : D'accord / et comment vous avez pris cette décision ?
e4 : En fonction de la taille
E : Oui / Qui a eu cette idée ? / tout le groupe ou une personne ?
e3 : Non, tout le groupe
e1 : Tout le groupe
e3 : Tout le monde y a participé / pour les papillons, on pouvait mettre Thymio, parce que / on pouvait remettre les trucs / verts qu'on avait utilisés pour le Quidditch // faire semblant que les papillons volaient.
e1 : Et en plus / on pouvait fixer des choses
E : <Mmmh>
e1 : Ça nous semblait plus utile /
e3 : Sphero pourrait faire une abeille / il peut parler /
e1 : T'es sûr ? /
e3 : <Mmmh>
e1 : Ah oui / il peut faire <...>
e5 : Oui il peut faire des bruits
e3 : et aussi parler /
e5 : oui mais une abeille / ça parle pas /
e3 : Ouais !
e1 : ça fait « Bzzz »
E : des sons, oui , des sons d'abeille // D'accord /
—> *travail de recherche montré (traces écrites, captures d'écran)*
E : Est-ce-ce que vous pouvez m'expliquer / ce que vous avez fait comme recherche / ce que que vous avez choisi / de garder ? //
e1 : Pour les 2 captures d'écran, {e2} et moi, on s'est dit / on va prendre 5 insectes / pour les attribuer à chaque robot / et donc on a fait des captures d'écran / et <...>
e2 : On a entouré l'insecte /
E : D'accord / donc 5 sortes d'insectes différents /
(...)
E : Alors à quoi ça servait de garder ça (*éléments notés dans le classeur et captures d'écran*) ?
e3 : ça sert à savoir / ce qu'ils faisaient / parce que / dans le spectacle / il va falloir / faire des choses que les insectes pollinisateurs / ils font / dans leur vie de tous les jours /
E : Oui /
(...)
E : Donc il fallait des informations précises pour le spectacle / D'accord /
(...)
e1 : On a noté ce qui nous semblait / ce qui est important / ce qu'on devait retenir pour le spectacle /
E : ça c'est ce que j'ai vu quand / vous êtes venus à l'ESPE / juste pour savoir / comment vous avez fonctionné dans le groupe /
—> *Vidéo {groupe} montrée*
E : Alors /
e3 : On était en train d'écrire
e1 : les garçons faisaient le scénario et nous <...>
e4 : On était en train de faire le scénario / et {e5} il était presque pas du tout d'accord / avec les idées qu'on donnait /
(...)
e3 : Il trouvait que ça faisait trop histoire et que ça n'expliquait pas les insectes pollinisateurs /

e5 : Ah oui /
 e1 : C'était trop histoire !
 e4 : Il voulait faire une liste d'idées / et pas un scénario /
 (..)

E : Est-ce que vous avez tenu compte de l'avis de {e5} ?
 e3 : Oui, on a un peu modifié
 e5 *fait la moue et « non » de la tête*
 E : Tu n'es pas d'accord ?
 e1 : Oui beaucoup quand même
 e3 : parce que ça ne ressemble plus du tout à ce que c'était au départ !
 E : Vous avez changé ?
 e5 : Oui, c'est beaucoup plus <...>
 E : A quel moment vous avez changé alors ?
 e1 : Oui, en classe, {e2} et moi, on a dit qu'on n'était pas d'accord
 E : Vous
 E : Vous étiez comme {e5} ? Vous étiez de l'avis de {e5} ? Vous n'étiez pas d'accord ?
 e1 : Moi j'étais pas d'accord, en tout cas /
 e4 : Et un peu en classe aussi, à la fin / on avait fait le scénario / je trouvais un peu trop court / j'avais rajouté plein de trucs
 e1 : moi, je trouvais pas ça bien / parce que ça fait un / long scénario / et on va pas prendre une heure pour tout faire !
 (...)

E : Là vous avez réussi à vous mettre d'accord ?
 tous : oui
 E : Comment vous avez fait pour vous mettre d'accord ?
 e3 : Ben, on a pris une idée de chacun et on les a rassemblées /
 E : D'accord

Résumé :

Parmi les compétences clés nécessaires pour relever les défis du XXI^e siècle, la créativité, la résolution de problème, la collaboration et une littératie numérique sont celles communément retenues. S'appuyant sur les techniques créatives et *macroprocessus* inspirés du *design thinking*, une séquence pédagogique a été construite spécialement pour cette étude afin de les étudier dans un contexte scolaire. Quels *microprocessus* les élèves mettent-ils en place pour faire face à une situation-problème de type « technocréative » dans une dimension collaborative ? Les interactions entre élèves, l'utilisation des espaces et matériels ainsi que l'exploitation des robots pédagogiques nous apportent un éclairage sur les processus mis en œuvre par les élèves tout au long de ce projet.

Mots-clés :

Créativité, collaboration, résolution de problèmes, robotique, pensée informatique

Abstract :

Among the key competencies needed to meet the challenges of the 21st century, creativity, problem-solving, collaboration and digital literacy are the most commonly identified. Based on creative techniques and *macroprocesses* inspired by *design thinking*, a teaching experiment has been specially carried out for this study in order to take a closer look at them in a school environment. What *microprocesses* do students use when confronted to a "technocreative"-type-problem situation in a collaborative dimension ? Students interacting, using of spaces and materials along with the exploitation of pedagogical robots shed light on the different processes used by students throughout this project.

Key words :

creativity, collaboration, problem-solving, robotics, informatics thinking