



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

INSTITUT UNIVERSITAIRE
DE FORMATION DES ENSEIGNANTS



L'utilisation d'une ville virtuelle en contexte de classe d'accueil

Travail de mémoire du Master Universitaire en Didactique Disciplinaire

Monsieur FRAUCHIGER Thomas

Directeur :

Monsieur DORIER Jean-Luc

Jury :

Madame COUTAT-GOUSSEAU Sylvia

Madame TRAGLOVA Jana

Monsieur JOLIVET Sébastien

Genève, juin, 2023.

Remerciements :

Je tiens à remercier Jean-Luc Dorier, de m'avoir intégré, pour mon stage de recherche, dans le projet Spageo, ainsi que pour son soutien et son implication tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Je tiens à remercier Sabrina Matri pour l'excellente collaboration que nous avons pu partager dans l'analyse des productions.

Je tiens à remercier tous les membres du projet Spageo ainsi que celles et ceux de l'équipe DiMaGe, pour leur accueil au sein des équipes, pour les connaissances qu'il-elle-s m'ont transmises, pour leur aide efficace dans la gestion du matériel pendant les passations dans ma classe et surtout pour le plaisir que cela m'a apporté de participer à ce projet.

Je tiens à remercier les parents de mes élèves d'avoir accepté que leur enfant se joigne à cette expérimentation et mes élèves d'avoir participé avec enthousiasme aux activités proposées.

Je tiens à remercier ma directrice de m'avoir donné l'autorisation de mettre en place une expérimentation dans ma classe.

Enfin je tiens à remercier mes ami-e-s et mes parents pour leur soutiens dans la rédaction de ce mémoire.

Résumé :

Ce travail de mémoire est issu du projet de recherche Spageo qui est l'œuvre d'une collaboration entre les équipes de Psychologie de l'Université de Genève, l'équipe TECFA qui est spécialiste en technologies éducatives et l'équipe de Didactiques des mathématiques de l'Université de Genève. Pour ce projet, des ingénieries didactiques ont été mises en place dans des classes primaires genevoises pour développer les connaissances spatiales des élèves grâce à l'utilisation d'une ville virtuelle. Les expérimentations ont pour objectif de travailler avec les mêmes élèves afin d'analyser leur évolution entre la 4P et la 6P. Ce travail analysera principalement les activités dans lesquelles les élèves devaient créer un message afin de les aider à reproduire ultérieurement un trajet effectué dans la ville virtuelle. Une première partie sera consacrée aux ingénieries didactiques de 4P et 5P et une deuxième développera l'expérimentation mise en place dans ma classe d'accueil, ayant comme objectif supplémentaire l'apprentissage du français langue seconde.

Mots clés :

Connaissances spatiales, espace, ville virtuelle, description de trajet, didactique des mathématiques, classe d'accueil

Table des matières

Introduction	6
Contexte des classes.....	8
Présentation de la ville	8
Cadre théorique	10
Les conceptions de l'espace	10
Les systèmes de référence	11
L'environnement virtuel.....	11
Des messages écrits pour décrire les trajets.....	12
1 ^{ère} partie : Le projet Spageo	13
Analyse a priori.....	14
Variables zone de la ville	14
Variable longueur du trajet.....	15
Ingénieries didactiques.....	16
Ingénierie de 4P	16
Ingénierie de 5P	17
Classification des messages.....	20
Type 1 : Désignation de lieu de passage.....	21
Type 2 : Endroit comme changement de direction	21
Type 3 : Intersection.....	21
Registre langagier	22
Les schémas.....	22
Les plans ou carte.....	23
Les marqueurs.....	24
Marqueurs d'étape ou marqueurs temporels. (ME/MT).....	24
Marqueurs de direction (MDir) vs marqueurs d'orientation (Mori)	24
Les marqueurs de changement de direction (MCD) vs marqueurs de position (MP)	25
L'utilisation des marqueurs	26
Analyse a posteriori	27
Analyse de la proportion	27
Analyse de l'efficacité séance 3 de 4P	29
Analyse selon le type de messages.....	30
Analyse selon le registre.....	32
Analyse combinée	34
Analyse de l'efficacité séance 6 de 4P	36
Analyse selon le type.....	36

Analyse selon le registre.....	38
Analyse de l'efficacité séance 8 de 5P	39
Analyse selon le type.....	40
Analyse selon le registre.....	42
2 ^{ème} partie : L'expérimentation en classe d'accueil	44
Ingénierie en classe d'accueil	44
Analyse a posteriori de l'ingénierie de classe d'accueil.....	47
Message de l'élève 11	47
Message de l'élève 12	48
Message de l'élève 13	49
Message de l'élève 14	49
Message de l'élève 15	50
Message de l'élève 16	50
Message de l'élève 17	51
Analyse des deuxièmes messages.....	52
Messages de l'élève 11	52
Message de l'élève 12	52
Message de l'élève 13	53
Message de l'élève 14	53
Message de l'élève 15	54
Bilan de l'expérimentation en classe d'accueil.....	55
Conclusion générale.....	56
Bibliographie.....	57
Annexe	59

L'utilisation d'une ville virtuelle en contexte de classe d'accueil

Introduction

Avec l'amélioration constante des technologies numériques, notre vie quotidienne a été grandement modifiée. Les téléphones portables et ordinateurs nous offrent des possibilités qui furent pendant longtemps inimaginables. Un grand nombre de professions ont été impactées par ces nouveaux changements et les métiers de l'enseignement ne sont pas mis à part. Le numérique a ainsi fait son apparition dans les classes de l'école primaire. Dans le cas du canton de Genève, depuis plusieurs années, un ordinateur est présent dans chaque classe. Les enseignants ont la possibilité d'emprunter des tablettes numériques et de plus en plus de classes commencent à être également munies d'un Tableau Blanc Interactif.

La recherche en science de l'éducation s'est, ainsi, penchée sur les possibilités offertes par ces nouveaux outils et comment est-ce qu'ils peuvent être utilisés efficacement pour améliorer l'apprentissage des élèves. Ce mémoire s'est, justement, construit à l'appui d'un projet de recherche portant sur l'utilisation d'une ville virtuelle au service de l'acquisition des connaissances spatiales. Le projet s'intitule Spageo¹. Il est mené conjointement par trois équipes issues de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation. Nous avons donc, une équipe dont le champ d'action implique l'orientation spatiale en psychologie cognitive, l'équipe TECFA qui est spécialiste des technologies numériques et enfin, l'équipe de Didactique des Mathématiques (DiMaGe). Ces équipes sont dirigées par : Roland Maurer pour le pôle psychologie, Mireille Bétrancourt pour l'équipe TECFA et Jean-Luc Dorier pour l'équipe DiMaGe.

Lors de mon stage pour le Master en Didactique Disciplinaire option mathématiques, en 2021-2022, j'ai rejoint le projet sur le volet didactique qui consiste à concevoir, expérimenter et analyser des ingénieries didactiques portant sur le repérage dans l'espace en s'appuyant sur une ville virtuelle conçue par l'équipe TECFA dans le cadre du projet. Après une année de préparation, les expérimentations en classe ont commencé lors de l'année scolaire 2020-2021

¹ *Rethinking the links between spatial knowledge and geometry in primary education through virtual environment*, SNF n° 100019_188947 Octobre 2019- Octobre 2024 co-leaders : Roland Maurer, Mireille Bétrancourt and Jean-Luc Dorier.

avec des élèves alors en 4P Harmos. Le projet a ensuite continué avec les mêmes élèves lorsque ceux-ci se trouvaient en 5P puis en 6P Harmos. Les interventions ont eu lieu dans l'ensemble des cinq puis quatre classes du niveau concerné de deux écoles différentes. Sabrina Matri et Franck Grisard ont mené les expérimentations dans les classes. Sabrina Matri, (à paraître) réalise un doctorat en didactique des mathématiques dans le cadre du projet et Frank Grisard un mémoire au sein de l'équipe TECFA.

Dans ce travail de mémoire, nous aborderons deux aspects liés au projet qui feront chacun l'objet d'une partie distincte. Une première dans laquelle je parlerai des analyses effectuées avec les élèves de 4P en 2020-2021 et en 5P en 2021-2022. Mon analyse se focalisera exclusivement sur les messages écrits produits par les élèves lors de trois séances en particulier. Ces messages sont créés dans le but de reproduire ultérieurement un trajet dans la ville virtuelle en utilisant uniquement les indications données par le dit message.

Dans une deuxième partie, je parlerai de l'ingénierie didactique mise en place dans ma propre classe et des résultats obtenus. En effet, en septembre 2022, j'ai été nommé comme enseignant de classe d'accueil dans une école du canton de Genève. Le contexte géopolitique (notamment le conflit en Ukraine et l'augmentation d'un flux migratoire interrompu pendant deux ans suite au Covid-19) a causé une forte augmentation du nombre de classes d'accueil entraînant la mise en fonction de nouveaux postes. Étant issu de la Formation en Enseignement Primaire à l'Université de Genève, je n'avais, alors, pas d'expérience en tant qu'enseignant de classe d'accueil.

Pendant cette expérimentation, j'ai pu réutiliser la méthode d'analyse de messages utilisée dans le cadre du projet Spageo, dans ce nouveau contexte, d'une classe d'accueil où le langage spatial est un enjeu important pour les élèves d'une autre culture. Cette ingénierie a été mise en place exclusivement pour la réalisation de mon travail de mémoire et n'entre pas dans le cadre du projet Spageo.

Ce travail sera construit de la manière suivante : D'abord, nous expliciterons le contexte des classes observées et présenterons la ville virtuelle et ses caractéristiques. Ensuite, nous poserons quelques éléments théoriques utiles pour l'analyse. Comme les expérimentations se placent dans le cadre général des ingénieries didactiques au sens de la théorie des situations de Brousseau (1998), nous développerons dans un premier temps l'analyse *a priori*, puis les différentes ingénieries seront expliquées en détail.

Contexte des classes

Dans le projet Spageo, pour les expérimentations de 4P et de 5P, il y avait en tout cinq classes de deux écoles différentes, pour un total de 95 élèves en 4P et 80 élèves en 5P. Les deux écoles sont en milieu urbain, mais de milieux socio-économiques assez différents, une proche de zone REP et l'autre de milieux très aisés.

La classe d'accueil, quant à elle, est composée de 7 élèves. 5 élèves sont originaires d'Ukraine et 2 du Kenya. Quatre élèves sont arrivé·e·s en Suisse en mars 2022, ainsi au moment des passations en décembre 2022, leurs connaissances en français étaient déjà bien développées. Une élève était arrivée au mois de septembre 2022, au moment des passations, elle commençait à s'exprimer en français. Enfin deux élèves sont arrivés au mois de novembre 2022, comme leur apprentissage du français était à son tout début, nous avons eu régulièrement recours à l'anglais afin de les aider à la compréhension des tâches requises. Enfin, il est important de préciser également que les élèves sont plus âgé·e·s. Il y avait deux élèves de 5P, deux élèves de 6P, une élève de 7P et deux élèves de 8P. Le critère de l'âge devra être pris en compte lors de l'analyse des résultats.

Présentation de la ville

La ville virtuelle implémentée sur ordinateur est une ville au format américain dans laquelle on se déplace avec une manette de jeu. Toutes les rues se coupent à angle droit. Ainsi, il n'y a aucun déplacement en diagonale et aucune courbure. La ville comporte deux zones principales : Le centre-ville et une zone résidentielle. La zone résidentielle occupe la partie sud-est de la ville. Dans ce quartier, les points de repères sont inexistantes. En effet, toutes les habitations sont identiques. Elles sont

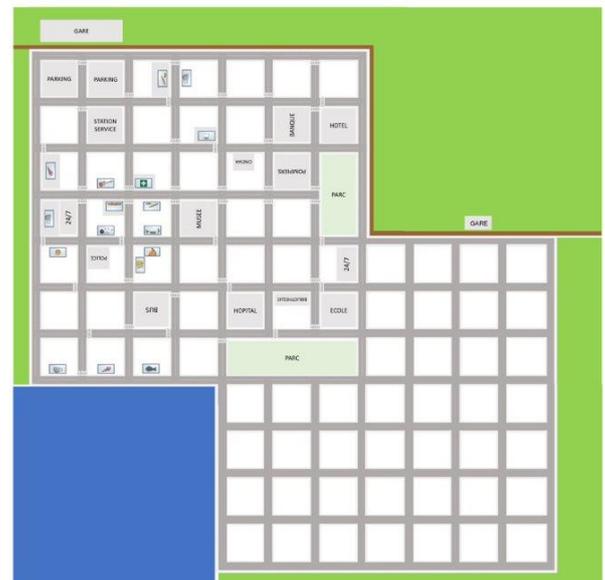


Image 1 – Plan de la ville



Image 2 – Maison de la zone résidentielle

toutes composées d'une maison et d'un garage (voir image 2). Pour se déplacer sans se perdre dans ce quartier, il faut compter précisément les intersections.

Le centre-ville comporte différents quartiers (voir image 3):

- Un quartier commercial, avec de nombreux magasins différents offrant autant de points de repère possibles pour décrire un trajet.
- Un quartier d'affaires, avec de grands buildings différents permettant encore de se repérer, mais avec plus d'uniformité que dans la zone commerçante.
- La vieille ville dans laquelle se mélangent des maisons à l'architecture moyenâgeuse avec des immeubles plus récents.
- Le quartier de la gare avec son parking
- Deux parcs
- Des immeubles résidentiels qui cette fois-ci, sont différents les uns des autres et dont les trottoirs arborent des éléments de distinction comme par exemple des poubelles ou des lampadaires.

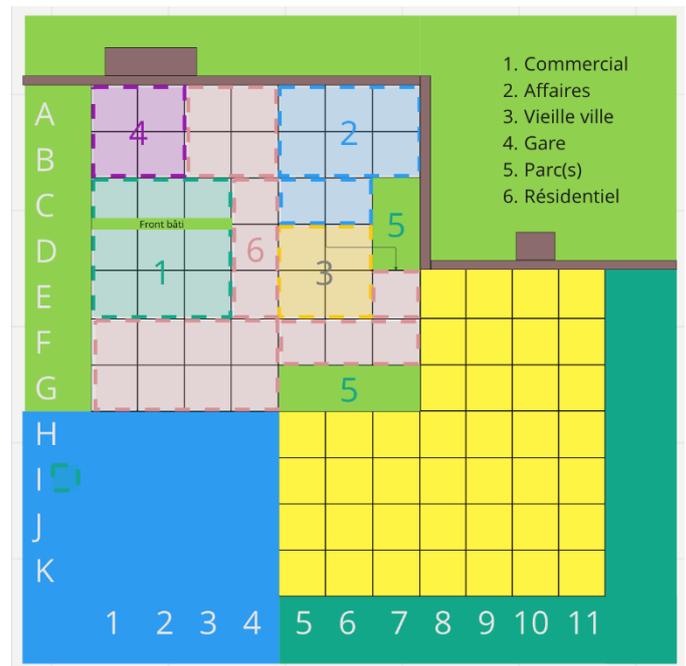


Image 3 – Plan des quartiers du centre-ville

D'autres points de repère permettent de s'orienter. Le soleil se trouve au sud, en haut dans le ciel. Dans la même direction, nous avons également une étendue d'eau. A l'est, se trouvent des montagnes visibles depuis n'importe quel quartier. Au nord, la ville est délimitée par un chemin de fer. Une gare se trouve au nord du quartier commercial et une autre gare se trouve au nord de la zone résidentielle. Après ce chemin de fer, il y a un grand champ tout comme à l'ouest. Le déplacement dans la ville se fait à l'aide d'une manette de jeux vidéo. Le joystick de gauche permet d'avancer et le joystick de droite permet de s'orienter. En utilisant simultanément les deux joysticks, il est possible d'avancer tout en tournant. L'option reculer existe mais est limitée, nous pouvons reculer seulement d'un pas. Cela a été choisi pour des raisons de pratiques sociales. En effet, lors d'un déplacement classique dans une ville, nous n'allons jamais en marche arrière. Si le chemin choisi est le mauvais, nous effectuons un demi et nous repartons dans le bon sens.

Dans la ville, il n'y a pas de personnes. Les élèves sont en immersion, il n'y a pas, non plus, d'avatar représentant le personnage que l'élève contrôle.

Cadre théorique

Avant de continuer, il convient de poser quelques éléments théorique qui nous seront utiles lors de l'analyse des messages écrits. Pour cela, nous commencerons par différencier les conceptions de l'espace telles que décrite par Brousseau (1983), puis nous distinguerons le cadre de référence *allocentrique* à celui d'*égocentrique*. La notion d'environnement virtuel devra être décrite de manière concrète et nous terminerons par développer ce que la théorie nous enseigne sur les messages qui décrivent un trajet.

Les conceptions de l'espace

Brousseau (1983) a déterminé trois conceptions de l'espace. Tout d'abord, le *macro-espace* représente les situations dans lesquelles un sujet doit interagir sur un espace trop grand pour en avoir une vision globale. La construction d'une représentation mentale d'un tel espace, se fait par la succession de plusieurs visions locales (Berthelot & Salin, 1992, p.101). L'accès au global nécessite des déplacements et des recollements ou doit être imaginé intellectuellement. Par exemple, un appartement est déjà un *macro-espace*. En entrant dans le salon, nous ne pouvons pas voir dans la chambre, ni dans la salle de bains. Dans le cas d'un déplacement en zone urbaine, la ville entière ou même un quartier de la ville sont des *macro-espaces*. Pour s'imaginer un trajet dans la ville, nous devons construire une représentation mentale de cette ville.

Le *micro-espace*, est lui, suffisamment petit, pour être visible en un coup d'œil ou il s'agit d'un objet 3D manipulable par le sujet. « Le micro-espace est le secteur de l'espace proche du sujet et qui contient des objets accessibles à la vision comme à la manipulation. Dans ce secteur, le sujet peut bouger l'objet ou bien se mouvoir lui-même dans n'importe quelle direction » (Berthelot & Salin, 1992, p. 99). La feuille de papier sur laquelle on effectue un exercice de géométrie correspond au *micro-espace*. De même, la représentation d'une ville sur une carte offre une vision entière de la ville et constitue donc également un *micro-espace*. Ces distinctions toutefois sont relatives à un observateur donné. Ainsi, pour une personne en hélicoptère, le quartier de la ville qu'elle survole, devient du *micro-espace*, alors que c'est un *macro-espace* si elle s'y promène à pied.

La dernière conception de l'espace représente un espace plus grand que le *micro-espace* et décrit par Brousseau (1983) comme : « l'espace des déplacements du sujet dans un domaine contrôlé par la vue ». Dans le *méso-espace*, nous avons accès à une vision globale en simultané

(Berthelot & Salin, 1992, p. 102). C'est par exemple le cas de la salle de classe ou de la cour de récréation.

Les systèmes de référence

Nous différencierons le cadre de référence *égocentrique* à celui d'*allocentrique*. Dans le premier, la description de l'espace par un individu, se fera en fonction de son propre positionnement. En utilisant un système *égocentré*, la phrase « le ballon est derrière l'arbre », implique que l'arbre se trouve entre le ballon et l'individu (Nys, 2015, p. 31). Afin d'interpréter correctement ce système de référence, le positionnement de l'individu doit être connu au préalable. Le système *allocentré* est, quant à lui, indépendant de l'individu et de l'emplacement des objets. L'utilisation, par exemple, d'un système de coordonnées correspond à un cadre de référence *allocentré*. En effet, les coordonnées ne changeront pas si l'observateur se déplace. Les enfants se construisent dans un premier temps un cadre de référence *égocentrique*, puis dans un second temps, le cadre de référence *allocentrique* s'établit.

L'environnement virtuel

Créer des activités dans le *macro-espace* est difficile. En ce qui concerne le déplacement dans une ville, des activités des Moyens romands proposent de travailler dans le quartier de l'école en effectuant des sorties, qui restent cependant limitées au quartier. Et même là, les élèves ne peuvent pas être immergé·e·s complètement dans les exercices, s'entraîner et surtout se tromper pour mieux apprendre. En effet, les « erreurs » dans le quartier de l'école peuvent avoir de grandes conséquences. De plus, la circulation est également un facteur de risque à ne pas négliger. En contexte de ville virtuelle, ces contraintes disparaissent. Les élèves peuvent « se perdre » dans la ville et tout simplement recommencer l'exercice. Dans notre ville virtuelle, la circulation est absente, donc l'attention des élèves peut être focalisée essentiellement sur le déplacement. Denis nous donne la définition suivante : « Les images de synthèse qui créent ces univers visent un rendu visuel, dont la qualité la plus recherchée est d'engendrer un sentiment d'immersion et de présence dans un espace véridique et géométriquement cohérent » (2016). En utilisant la ville virtuelle, nous espérons que les élèves seront capables de transférer les notions apprises aux cours des activités, dans leur vie de tous les jours lors de leurs déplacements. Pazzaglia & Taylor (2007) ont réalisé l'étude suivante : un groupe découvrait une ville virtuelle en suivant le trajet d'un avatar à l'intérieur de celle-ci. Un deuxième groupe suivait le même trajet, mais cette fois-ci avec une vue en survol. Une fois la ville découverte, trois exercices étaient proposés. Dans un premier temps, il fallait dessiner la carte de la ville. Ensuite, suivait une activité de pointage, les participant·e·s devaient s'imaginer à un endroit de

la ville et estimer l'orientation d'un autre endroit. Enfin, il·elle·s devaient reproduire dans la ville le trajet qu'il·elle·s avaient suivi dans la phase de découverte.

Les résultats montrent que les personnes qui ont été placées au sein de l'environnement pour y apprendre un trajet ont une performance de navigation qui contient beaucoup moins d'erreurs que celles qui ont appris la carte. Ces dernières, en revanche, dessinent des cartes plus riches et effectuent des pointages plus exacts que les navigateurs virtuels. On retrouve là des résultats classiques issus des travaux sur la connaissance spatiale, consonants avec ce que l'on connaît des apprentissages spatiaux résultant d'une expérience de navigation en environnement réel. Les résultats sont en bonne conformité avec l'idée que l'information délivrée par la réalité virtuelle crée une expérience visuelle et cognitive qui est l'équivalent de ce que permettrait un épisode ambulatoire dans la ville réelle. (Denis, 2016).

Nous pouvons tout de même nous poser la question, de savoir si les connaissances acquises en environnement virtuel sont transférables dans un environnement réel. A cela, Denis répond « qu'après un entraînement de durée suffisante au sein d'un environnement virtuel simulant un monde réel, il est possible de transférer à ce dernier les apprentissages acquis en virtuel, et même de surpasser la performance d'une personne qui aurait été uniquement exposée à l'environnement réel » (2016). Il précise toutefois que cela implique une exploration active de la part de l'apprenant.

Des messages écrits pour décrire les trajets

Comme indiqué dans l'introduction, dans ce travail, nous allons nous focaliser en particulier sur les messages produits par les élèves pour décrire des trajets qu'on leur a fait suivre au préalable. Avant de les analyser, il convient de les définir correctement. Ces messages font partie du discours procédural tout comme une recette de cuisine ou un manuel de montage. Ils contiennent une suite d'action à effectuer afin d'atteindre un but précis. Pour la recette de cuisine, la réalisation des actions permettra de reproduire le plat souhaité. Pour le cas qui nous intéresse, celui de l'itinéraire, nous devrions arriver à la bonne destination, en suivant les indications. Tous les types de discours procéduraux doivent respecter la chronologie de l'action. « Les actions qui font l'objet des prescriptions procédurales comportent une dimension chronologique essentielle, particulièrement évidente dans le cas des descriptions d'itinéraires, puisque celles-ci sont guidées par l'action même qu'elles sont censées servir, de manière unidirectionnelle, depuis un point de départ jusqu'à un point d'arrivée » (Denis, 2016). Les

élèves devront donc, lors de la production de messages, être attentif·ve·s à la linéarité du trajet. Les informations devront être données en respectant la chronologie du trajet.

Au-delà de ce premier aspect, une description de trajet doit également contenir les instructions de déplacements. Parmi ces dernières, nous pouvons distinguer celles donnant une indication de progression à celles d'orientation. En utilisant un registre langagier, la progression sera indiquée par une phrase telle que : « avance tout droit » et l'orientation pourra être indiquée par « tourne à gauche ». Denis (2016) nous parle également des « actions critiques » comme les points où une décision importante doit être prise. A la fin d'une longue ligne droite, il faut indiquer précisément l'endroit où un changement de direction doit être pris.

Maintenant que ces bases théoriques ont été explicitées, nous allons pouvoir passer à la suite en commençant par décrire le projet Spageo et ses éléments essentiels à sa conception.

1^{ère} partie : Le projet Spageo

Comme indiqué dans l'introduction, dans ce travail, je vais parler exclusivement des séances de construction de messages décrivant un itinéraire, car cela représente la majeure partie de mon travail effectué lors de mon stage de recherche. Pour les informations sur l'ensemble du projet allant de la 4P à la 6P, il faudra se référer à la thèse de Sabrina Matri.

Avant de parler des productions des élèves, il convient de poser la méthodologie mise en place par les didacticien·ne·s du projet Spageo, qui repose sur la création d'une ingénierie didactique. Cette dernière émerge dès les années 1980 en didactique des mathématiques. Artigue (1988) nous dit d'elle, qu'elle « se caractérise en premier lieu par un schéma expérimental basé sur des «réalisations didactiques» en classe, c'est-à-dire sur la conception, la réalisation, l'observation et l'analyse de séquences d'enseignement » (p.286). Le mode de validation utilisé par l'ingénierie didactique est différent de celui mis en place par d'autres méthodologies de recherche utilisées en science de l'éducation.

En effet, les recherches ayant recours à des expérimentations en classe se situent le plus souvent dans une approche comparative avec validation externe basée sur la comparaison statistique des performances de groupes expérimentaux et de groupes témoins. Ce paradigme n'est pas celui de l'ingénierie didactique qui se situe, à l'opposé, dans le registre des études de cas et dont la validation est essentiellement interne, fondée sur la confrontation entre analyse a priori et analyse a posteriori. (Artigue, 1988, p. 286)

Une ingénierie didactique comporte plusieurs étapes. Une première étape consiste en une analyse préalable des éléments théoriques utiles à la conception de l'ingénierie mais également de certains points qu'il convient de mettre au clair comme par exemple les contenus d'enseignement développés par l'ingénierie didactique, comment est-ce que ces derniers sont traditionnellement enseignés et les obstacles que les élèves peuvent avoir lors de leur apprentissage. Ensuite, la phase de conception de l'ingénierie sera liée à l'analyse *a priori*. La troisième phase est l'expérimentation et la mise en place de l'ingénierie dans le contexte scolaire. Enfin, la quatrième et dernière phase est l'analyse *a posteriori* (Artigue, 1988).

Analyse a priori

L'analyse *a priori* joue un rôle important en didactique des mathématiques. Dorier (2010) nous la décrit de la manière suivante :

« Il s'agit en fait de définir un cadre (a priori) qui permet de penser l'activité dans sa généralité et d'offrir une sorte de grille d'analyse, permettant de mieux comprendre le travail des élèves (voire de l'enseignant). L'analyse a priori vise à donner des explications rationnelles aux comportements des élèves en termes de choix et de stratégies. Dans ce sens, tout ne peut pas toujours être anticipé, c'est pourquoi une première réalisation avec de « vrais » élèves amène souvent à rectifier certains points (parfois fondamentaux). »
(p.2)

La création des ingénieries didactiques est inspirée des résultats offerts par l'analyse *a priori*. Pour ce faire, nous allons nous intéresser aux choix propres à l'enseignant. Ces choix pouvant modifier l'utilisation d'une telle stratégie, sont appelés variables didactiques (Dorier, 2010, p.3). Notre analyse, consistera à mettre en lumière les différentes variables didactiques sur lesquelles le projet Spageo se base et comment ces dernières influencent le choix d'une stratégie optimale. Il convient de préciser que la ville virtuelle a été créée en amont de l'analyse *a priori*.

Variables zone de la ville

Comme indiqué précédemment, la ville virtuelle de Spageo comporte deux zones distinctes : le centre-ville et la zone résidentielle. En fonction de la zone dans laquelle les élèves travaillent, le choix de la stratégie ne sera pas le même. Pour se repérer dans le quartier commercial, les indications données par les commerces et leurs enseignes sont un moyen efficace pour ne pas se perdre. Cette stratégie perd légèrement de la valeur dans le quartier d'affaires car il y a moins d'enseignes et les immeubles ont des similitudes. La stratégie reste tout de même adéquate, à condition de veiller à utiliser des points de repère bien précis. Cependant, dans la zone

résidentielle, cette stratégie est inutilisable. Les immeubles et les rues sont toutes et tous identiques. Dès lors, la stratégie optimale devient non plus de se référer au point de repère, mais de compter les carrefours. « Dans trois carrefours, je dois tourner à gauche. » A noter que la stratégie de compter les carrefours offre un caractère universel car elle est également utilisable dans les autres quartiers de la ville. De nos jours, le recours aux applications de navigation GPS devient courant. Notre navigateur ne va pas nous donner les indications en utilisant des points de repère tels que les magasins présents dans la ville. Les indications nous seront données en utilisant la distance, généralement en mètres ou en kilomètres, nous séparant du point de changement de direction. Dans notre ville virtuelle, ce procédé ne fonctionne pas réellement. En effet, les élèves n'ont pas accès à un système permettant de mesurer la distance parcourue. Comme toutes les routes sont soit parallèles soit perpendiculaires, l'utilisation optimale de la distance est de compter les carrefours.

Lors de l'examen du permis de conduire, l'évaluateur dit souvent avant de commencer : « Tant que je ne dis rien, continuez tout droit ! » Nous utilisons régulièrement ce procédé en voiture lorsqu'en tant que co-pilote, nous indiquons le chemin que doit suivre le conducteur. Est-ce que ce procédé peut être applicable dans nos séances ? Cela risque d'être difficile. En voiture, le co-pilote et le conducteur voient le même environnement au même instant. À l'instant T, le co-pilote peut donner l'information de tourner à gauche ou à droite. Seulement, dans nos séances de communication écrite, la réalisation du trajet se fait ultérieurement donc l'absence d'indication lors du suivi d'une longue ligne droite risque d'être une source d'erreurs. Pour les séances de communication orale, l'émetteur·rice et le·la récepteur·trice seront face à face et ne verront ainsi pas l'ordinateur de l'autre. Cela a pour but d'empêcher l'utilisation de cette stratégie.

Variable longueur du trajet

La longueur du trajet à suivre ou à reproduire est une variable didactique modifiant les stratégies à utiliser. Lors des tâches de reproduction d'un trajet, si ce dernier est trop court ou subissant peu de changements de direction, les élèves peuvent avoir recours à leur mémoire pour le reproduire et non à leur production. Les trajets créés sont également en adéquation avec l'âge des élèves. Les trajets des séances pour les 5P sont plus longs que ceux pour les 4P.

Ingénieries didactiques

A l'aide des données recueillies lors de l'analyse *a priori*, les didacticien-ne-s du projet Spageo ont conçu des ingénieries didactiques pour les différents degrés. Nous allons maintenant prendre le temps de décrire successivement l'ingénierie de 4P, puis celle de 5P.

Ingénierie de 4P

L'ingénierie de 4P comporte six séances. Le tableau ci-dessous présente les six séances qui sont effectuées avec les élèves de 4P.

N° des séances	Type de communication – Modalité de travail	Points de repère
Séance 1	Familiarisation à l'environnement - Individuel	Locaux
Séance 2	Communication orale à autrui en direct - Binôme	Locaux + globaux
Séance 3	Auto-communication écrite immédiate - Individuel	Locaux + globaux
Séance 4	a) Auto-communication écrite différée - Individuel b) Communication à autrui - Binôme	Locaux + globaux
Séance 5	Communication écrite à autrui - En groupe	Locaux + globaux
Séance 6	a) Communication écrite à autrui - Binôme b) Communication orale à autrui en direct- Binôme (a et b)	Locaux + globaux (a) Globaux (b)

Tableau 1 - récapitulatif de l'ingénierie de 4P

Lors de la première séance, les élèves se familiarisent avec l'environnement virtuel. La tâche consiste en une exploration de la ville pour prendre connaissance de cette dernière, mais également pour permettre aux élèves de s'habituer à l'utilisation de la manette et au déplacement. L'exploration est guidée et des quizz créés par l'équipe de psychologie, questionnent les élèves sur ce qu'il-elle-s ont vu ou observé pendant le trajet effectué dans la ville. Cela sert notamment à rendre les élèves attentifs à tous les objets (par exemple les panneaux de signalisation, les bancs, les poubelles) et les différents magasins présents dans la ville.

Lors de la deuxième séance, les élèves doivent communiquer oralement un trajet à un-e camarade. Les deux élèves sont positionnés l'un-e en face de l'autre. Le point de départ est le même. L'émetteur·trice a sur sa ville une flèche indiquant le trajet à suivre tandis que l'élève récepteur·trice n'a aucune information. Le fait de les mettre face à face rend l'application de geste directionnel ambiguë. En effet, une phrase telle que « va dans cette direction »

accompagnée d'un geste de la main vers la droite de l'élève émetteur·trice rend l'interprétation confuse car pour le récepteur, le geste irait dans la direction inverse, à savoir vers la gauche. Ainsi, cette tâche requiert une utilisation précise des termes « gauche » et « droite ». L'utilisation de geste est possible mais il faudra préciser le point de vue choisi et un·e membre de binôme devra s'imaginer dans la position de l'autre.

Lors de la séance 3, les élèves ont eu une activité d'auto-communication. En effet, lors de cette tâche, il·elle·s doivent suivre un trajet dans la ville virtuelle. Pour ce faire, une flèche continue verte est présente au milieu de la route. Les élèves doivent suivre cette flèche et simultanément noter sur une fiche toutes les informations nécessaires afin de refaire ultérieurement ce même trajet, sans les indications offertes par la flèche. Deux trajets étaient proposés (A et B). Ces trajets sont de longueur et de forme similaire, le point de départ n'est tout simplement pas le même. Une validation par image est proposée. Les élèves peuvent voir s'il·elle·s ont fait tout juste ou alors vérifier à quel endroit il·elle·s se sont trompé·e·s.

Cette séquence contient la première production de messages que nous allons analyser en détail dans la suite de ce travail.

La séance 4 est en continuité de la séance précédente. Les élèves reprennent leur message, le corrigent le cas échéant et ensuite, le donnent à un·e autre élève. L'élève qui a effectué le trajet A lors de la séance 3, reçoit un message correspondant au trajet B et inversement.

La séance 5 consiste à nouveau à la création d'un message écrit mais cette fois les élèves travaillent en groupe de trois.

Enfin lors de la sixième et dernière séance, les élèves créent individuellement un message écrit en guise d'évaluation. Cette dernière séance permet de mettre en évidence une possible amélioration dans l'élaboration de messages grâce à la séquence d'enseignement mise en place. Les messages de cette sixième séance seront également analysés.

Ingénierie de 5P

La séquence pour les 5P place la maîtrise du plan au centre des apprentissages. En effet, selon le PER, cette compétence est à travailler à partir de la 5P. MSN 21 Repérage dans le plan et l'espace, nous pouvons lire : « Utilisation d'un système de repérage personnel (plan et espace) ou conventionnel (plan), pour mémoriser et communiquer des positions et des itinéraires » (PER). Ainsi, toute l'ingénierie didactique s'articulera autour de l'apprentissage de cette notion.

de la part des élèves. La zone choisie se situe dans le quartier commercial avec beaucoup de commerce et d'enseignes offrant de nombreux points de repères.

Les deuxième et troisième séances sont relativement similaires. Dans un premier temps, les élèves sont dans la ville et il faut suivre un chemin indiqué sur un plan. Ensuite dans un deuxième temps, le chemin à suivre est indiqué dans la ville et les élèves doivent tracer le chemin effectué sur une feuille contenant le plan de la ville. La différence entre la deuxième et la troisième séance se situe au niveau de la zone choisie. Dans la deuxième séance, les élèves se déplacent dans le centre-ville, il·elle·s traversent le quartier commercial et le quartier d'affaires, tandis que dans la troisième séance, les élèves sont uniquement dans la zone résidentielle. Les stratégies ne sont ainsi plus les mêmes. Lors de la deuxième séance, les élèves peuvent avoir recours aux enseignes afin de se repérer, tandis que dans la zone résidentielle, le seul moyen pour ne pas se perdre est de compter précisément les carrefours.

Dans la quatrième séance, la ville est à nouveau limitée à un plus petit périmètre. L'objectif est de replacer correctement les arrêts de bus sur une plan donné. Le point de départ est indiqué par un point rouge mais les barrières délimitant la zone ne sont pas indiquées sur le plan. Il y a en tout six arrêts de bus à trouver.

Lors de la cinquième séance, les élèves doivent retrouver dans la ville, des points de repère indiqués sur le plan. Les points de repère doivent être trouvés en suivant un ordre précis. Lorsqu'il·elle·s arrivent à un des points de repère, une auto validation est mise en place par le milieu. Si le point de repère est correct, l'élève peut aller au suivant. En cas d'échec, il·elle se retrouve au point de repère précédent. Un message d'encouragement est donné afin d'offrir une motivation supplémentaire. En cas d'échecs successifs, une flèche apparaîtra dans la ville afin d'indiquer le chemin correct. Lors de cette séance, les élèves travaillent dans le centre-ville. Le premier point de repère se trouve dans le quartier commercial. Le deuxième point se trouve proche des immeubles résidentiels à côté du quartier de la gare. Le troisième point se situe au sud de la vieille ville et le dernier point est devant un immeuble résidentiel à l'ouest de la ville et proche de la mer. Les points de repère sont sur les carrefours généralement à proximité d'enseignes reconnaissables. La distance entre le point de départ et le premier point de repère est courte, tout comme celle entre le premier et le deuxième point de repère. A partir du troisième point de repère, la distance devient plus grande, donc plus propice aux imprécisions.

La sixième séance est une séance de communication orale. Tout comme lors de la deuxième séance de l'ingénierie de 4P. La différence est que les trajets proposés sont plus longs que ceux donnés en 4P.

La septième séance a comme fonction principale l'évaluation (annexe 1) des compétences acquises grâce à l'ingénierie mise en place. Tout d'abord, les élèves sont dans une zone délimitée de la ville avec un plan incomplet, car le nom de certaines enseignes est masqué et remplacé par un nombre. La zone choisie est la même que celle utilisée lors de la première séance pour le plan-puzzle. A côté de ce plan, les élèves doivent inscrire le nom de l'enseigne correspondant au bon numéro.

Ensuite, les élèves doivent répondre à des questions d'orientation. Les questions sont du type : « Si tu pars du point A pour aller au point B, quand tu passeras devant le point C, est-ce qu'il sera à ta gauche ou ta droite ? » En contexte, cela nous donne une question comme : « Si tu pars de la mer pour aller au parking, quand tu passes devant le marchand de fromage, il est à ta droite ou à ta gauche ? » Deux questions utilisent la numérotation inscrite sur le plan et deux questions utilisent le nom exact des points de repère. Enfin, une dernière question demande si pour répondre aux questions, l'élève est retourné·e dans la ville.

Le dernier exercice de l'évaluation est proche de l'activité proposée lors de la cinquième séance. Trois photos de lieux sont données avec le nom de l'enseigne inscrit en dessous. Avec l'aide d'un plan, les élèves doivent aller devant chacune des images dans la ville, en prenant le chemin le plus court. A nouveau, un ordre doit être soigneusement respecté. Le plan n'indique pas le point de départ, les élèves doivent retrouver elles·eux-mêmes sur le plan où il·elle·s se trouvent en fonction des points de repère présents à côté d'eux·elles dans la ville.

La huitième séance correspond à la création de messages écrits. Un trajet est indiqué dans la ville et les élèves doivent noter sur une fiche toutes les informations nécessaires à la reproduction de ce même trajet. Cela permettait de comparer les progrès effectués avec les productions faites en 4P.

Classification des messages

Lors des séances 3 et 6 pour l'ingénierie de 4P et de la séance 8 pour celle de 5P, les élèves ont produit des messages dans le but de reproduire ultérieurement un trajet effectué. En collaboration avec Sabrina Matri, nous avons mis en place un double codage. Nous analysions dans un premier temps individuellement chaque message pour ensuite mettre en commun nos résultats et trouver un consensus.

Les messages récoltés étaient nombreux et tous différents. Afin de pouvoir les analyser de manière plus précise, nous avons voulu regrouper les messages comportant des similitudes au niveau de leurs composantes. Un premier regroupement a été mis en place en fonction de la représentation mentale que les élèves se font du trajet. Nous en avons distingué trois.

Type 1 : Désignation de lieu de passage

Ce premier type regroupe toutes les productions dans lesquelles les élèves énumèrent les lieux devant lesquels il·elle·s passent mais sans indiquer la direction à prendre. Nous pouvons par exemple avoir des dessins représentant les magasins aperçus lors du trajet, mais ces points de repère ne sont pas liés à une direction. Le message ci-contre, est très poétique avec l'anaphore « je vois », mais aucune direction n'est donnée. Obtenir un message efficace en utilisant ce type de message est très difficile. Il faut être extrêmement précis dans les points de repère choisis. Ceux-ci, ne doivent, en aucun cas, prêter à confusion.

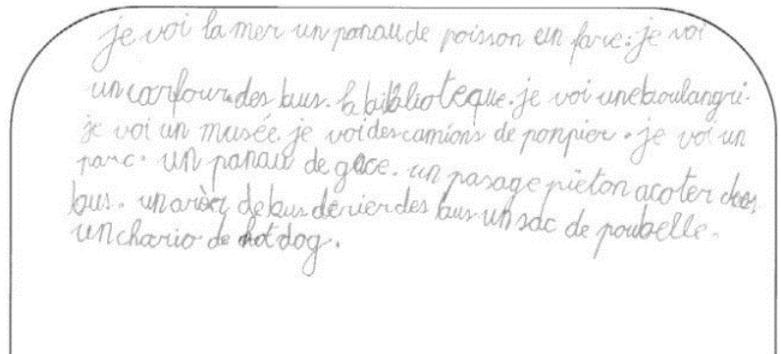


Image 5 – Exemple d'un message de type 1

Type 2 : Endroit comme changement de direction

Le type 2 représente toutes les productions dans lesquelles les élèves donnent une direction accompagnée d'un point de repère. Par exemple : « Tourne à droite devant la pizzeria » ou « Une fois que tu as dépassé le musée, tourne à gauche ». Un point de repère permet de savoir précisément à quel moment l'action doit être effectuée. Pour reprendre la terminologie utilisée dans le cadre théorique, cela correspond à ce que Denis (2016) désigne par « les actions critiques ».

Type 3 : Intersection.

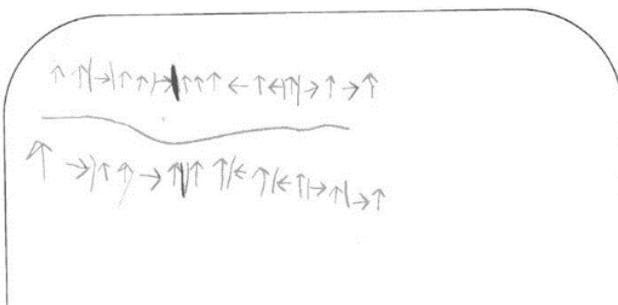


Image 5 – Exemple d'un message de type 3

Dans ce troisième et dernier type, les élèves utilisent les carrefours comme unité de référence et il·elle·s indiquent le choix ou l'action à effectuer à chaque carrefour. Comme la ville est quadrillée, à chaque carrefour, les élèves possèdent trois possibilités : à gauche, à droite ou tout droit. Les élèves qui indiquent ce

choix à effectuer pour tous les carrefours du trajet obtiendront un message tout à fait adéquat. Les messages de ce type sont précis et sans superflus. Les élèves ne s'embêtent pas à préciser les points de repère. Cependant, si le choix à un carrefour est mal exécuté, il sera très compliqué de retrouver le chemin ultérieurement. L'image 5, nous montre un message ne comportant que des flèches qui nous indiquent la direction à suivre pour chaque carrefour.

Cette première classification n'est toutefois pas suffisante. En effet, les messages d'un même type ne sont pas tous pas écrits de la même manière. Certains sont représentés par des phrases complètes alors que d'autres ne sont constitués que de dessins. Nous avons ainsi utilisé une deuxième distinction des messages en fonction de leur registre de représentation sémiotique. Duval (1993) nous dit :

« La nature du registre sémiotique qui est choisi pour représenter un contenu (objet, concept ou situation) impose une sélection des éléments significatifs ou informationnels du contenu que l'on représente. Cette sélection se fait en fonction des possibilités et des contraintes sémiotiques du registre choisi. Un langage n'offre pas les mêmes possibilités de représentation qu'une figure ou qu'un diagramme » (p. 49)

Nous avons ainsi distingué trois grands types de registres.

Registre langagier

Cela regroupe toutes les productions dans lesquelles les élèves ont utilisé le registre langagier pour décrire le trajet. Les productions se retrouvent souvent sous forme de texte rédigé en français. Ce registre offre l'avantage d'être implicitement ordonné. Le texte commence en haut à gauche et se termine en bas à droite. La lecture des différentes actions à effectuer se fait linéairement. Le défaut de ce type de registre est qu'il est coûteux pour des élèves de 4P débutant en rédaction, qui vont devoir se concentrer et montrer une grande attention pour écrire correctement et limiter les fautes d'orthographe. Le contrat didactique pourra également intervenir et les inciter à se concentrer sur la mise en forme de la phrase : mettre une majuscule au début, terminer par un point. Le tout, au détriment des notions recherchées avec cet exercice.

Les schémas

Les élèves ont eu recours également à des dessins ou des schémas pour décrire leur trajet. Cette catégorie regroupe tous les messages utilisant notamment des flèches indiquant des directions. Ces flèches peuvent être accompagnées de dessins représentant les magasins, lieux ou objets devant lesquelles les élèves ont passé. Ce registre offre un coût cognitif moindre par rapport au registre langagier mais peut être plus difficile à comprendre, car moins conventionnel. En effet,

les schémas utilisent des éléments implicites qu'il faudra bien connaître avant d'interpréter le message, ce qui change beaucoup si le schéma est pour soi ou destiné à autrui. Les schémas devront également indiquer clairement l'ordre dans lequel les actions sont à effectuer. Cela n'est pas aussi explicite que pour un texte et les élèves devront se poser plusieurs questions avant de commencer à produire leur message. Par exemple : Où est-ce que je commence mon message ? En haut, au milieu ou en bas ? Est-ce que je le lis de haut en bas ou de gauche à droite ? Afin d'éviter les ambiguïtés, il faudra être au clair avec ces questions.

Les plans ou carte²

Ce dernier registre peut être vu comme une catégorie particulière de schémas. Pour ce travail, nous avons décidé d'utiliser exclusivement le terme plan car c'est ce dernier que nous retrouvons dans le PER. Ce qui caractérise un plan, c'est qu'il traduit sur la feuille de papier des aspects topographiques de la ville et du trajet à parcourir. La maîtrise de ce registre est plus difficile, notamment pour les 4P car en mathématiques le plan ne sera abordé que lors des séances de 5P, même s'ils ont déjà vu des plans en géographie. Une question particulièrement importante est de savoir où commencer le tracé du plan sur la feuille, de sorte que la totalité du trajet puisse ne pas en sortir ! Certains élèves se sont retrouvé·e·s bloqué·e·s car leur plan sortait en quelque sorte de la feuille. Par exemple, si le trajet avance tout droit sur la distance d'un carrefour, après cela, il part à droite et au carrefour d'après, il tourne à nouveau à droite pour finalement avancer sur une plus longue distance. Si l'élève commence son plan tout en bas de la feuille, le plan devra inévitablement sortir de la feuille. Ainsi, en commençant le dessin de son plan, l'élève peut être un peu perdu·e et ne pas savoir où mettre le début du plan sur sa feuille. A l'opposé, lorsque le registre langagier est choisi, la question ne se pose pas, le texte commencera en haut à gauche de la feuille.

Une production utilisant le registre du plan ne peut pas appartenir à la représentation mentale de type 1 (désignation des lieux de passage). En effet, en dessinant un plan, cela induit automatique que la direction à prendre est indiquée.

Une autre question à prendre en considération en préambule est le choix de l'échelle et comment représenter les distances. Les plans dessinés commencent souvent avec de longues premières routes et par la suite l'espace entre les carrefours devient de plus en plus restreint. Nous n'avons pas jugé les productions des élèves sur la mise en place d'une échelle de grandeur précise et

² Ces deux mots, en français, sont interchangeable ou très proches.

similaire sur toute la production. En cas de difficulté, d'autres moyens ont été utilisés pour mettre en évidence la distance de parcours à effectuer, comme par exemple l'indication soit d'un point de repère précis, soit du nombre de carrefours traversés. Toutefois, la mise en place d'une même échelle de grandeur permet une meilleure compréhension du message, sans que ce soit indispensable.

De cette manière, nous avons mis en place un double codage prenant en compte dans un premier temps la représentation mentale que les élèves pouvaient avoir du trajet, puis dans un second temps le registre qu'il·elle·s utilisaient pour exprimer ce trajet.

Cette double catégorisation nous a conduit à diviser les messages écrits en 8 catégories en croisant les trois types et les trois registres, étant entendu que le type 1 avec le registre plan n'est pas possible. En outre, nous avons affiné la description des messages en identifiant dans leur composition certains éléments caractéristiques que nous avons désignés comme des marqueurs de certains éléments plus ou moins pertinents dans la description d'un trajet, quelque que soit le type et le registre du message. Nous nous attachons maintenant à l'identification et à la description de ces différents marqueurs.

Les marqueurs

Les informations figurant sur les productions n'ont pas toutes le même rôle. C'est ce qui nous a conduit à mettre en place un système de codage permettant de distinguer ces différents rôles. Nous avons ainsi identifié comme « marqueurs » toute information (mot ou groupe de mots ou dessin) offrant une information distincte pour la compréhension du message. Puis, nous avons classé ces marqueurs en différentes catégories, que nous présentons ici.

Marqueurs d'étape ou marqueurs temporels. (ME/MT)

Nous avons classé ici tous les marqueurs qui indiquent l'ordre dans lequel les actions doivent être effectuées. La différence entre marqueurs d'étape et marqueurs temporels est en partie dû au registre utilisé. L'utilisation des termes « ensuite », « et », « après » etc... sont des marqueurs temporels qui étoffent le texte en lui offrant une organisation précise. Les marqueurs d'étape sont présents lorsque les élèves mettent en place différentes étapes. Cela peut être avec l'utilisation de numéros qui permettent d'ordonner les étapes des actions à effectuer pour reproduire le trajet.

Marqueurs de direction (MDir) vs marqueurs d'orientation (Mori)

La lecture des premiers messages, nous a permis d'identifier une différence de signification des flèches. En effet, certain·e·s élèves utilisent des marqueurs de direction tandis que d'autres

utilisent des marqueurs d'orientation. Les marqueurs d'orientation signifient uniquement une orientation. Une flèche vers la droite signifie : « Oriente-toi vers la droite ». Avec un marqueur d'orientation, il n'y a pas de déplacement, mais uniquement un changement d'orientation. Le marqueur de direction, quant à lui, signifie une orientation et une progression. Une flèche à droite veut, dans ce cas-là, dire : « Tourne à droite et va jusqu'au prochain carrefour ». Si nous reprenons l'image 5, les flèches qui tournent vers la gauche ou vers la droite sont des marqueurs d'orientation. Elles sont suivies de l'indication d'avancer pour aller au carrefour suivant. Tandis que le message de l'image 6 utilise uniquement des marqueurs de direction.

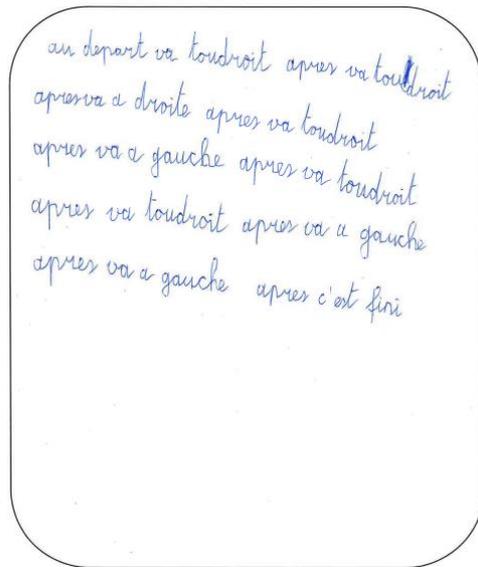


Image 6 – Exemple de marqueurs de direction

Ces deux marqueurs se valent. L'un n'est pas à favoriser au détriment de l'autre. Le plus important est de bien garder le même choix tout au long d'un même message et que cette signification soit claire pour le récepteur du message. La difficulté peut survenir lors d'une phase de communication à une tierce personne. En effet, si l'émetteur utilise les marqueurs d'orientation et que le transmetteur interprète des marqueurs de direction, le message n'est plus efficace. Lors de l'analyse des messages, nous cherchions à comprendre, si l'élève utilisait des marqueurs de direction ou des marqueurs d'orientation afin de ne pas le pénaliser dans l'évaluation de sa production.

Les marqueurs de changement de direction (MCD) vs marqueurs de position (MP)

Ces marqueurs représentent les points de repère que les élèves utilisent pour la construction de leur message. Selon (Nys, 2015, p. 32), un repère est « un lieu plus important, plus distinctif et plus facilement mémorisé que les autres. Il présente un rôle organisationnel dans la structure d'un environnement et peut être défini par sa position [...] les repères attirent l'attention par leurs propriétés saillantes et ils sont culturellement reconnus par un ensemble d'individus ». Pour notre part, nous avons choisi de les différencier en deux catégories pour mieux représenter la fonction qu'ils ont dans le message. Tout d'abord, les marqueurs de changement de direction signalent une action à accomplir, pour reprendre la première fonction de la classification de Denis (1997). Ces marqueurs sont spécialement liés aux messages de type 2 (Endroit comme changement de direction). Ces marqueurs représentent les points de repère utilisés pour signaler

une direction à prendre. Par exemple, dans la phrase « Après le camion de pompier tourne à gauche », le camion de pompier est un MCD car il est lié à l'action de tourner à gauche.

Nous appelons marqueurs de position le regroupement des deux autres fonctions des repères selon (Denis, 1997). Soit, ils pourront représenter un point de repère plus loin ou moins visible, comme par exemple : « Au fond de la ville, je vois les montagnes ». Les MP servent également à confirmer la position et à être sûr que l'on est bien sur le bon chemin. « Tu verras sur ta droite le magasin de musique et sur ta gauche la boulangerie ». Les deux commerces ne nous indiquent pas de direction à prendre ou d'action à effectuer, mais ils offrent cette confirmation qui permet de rassurer le lecteur.

L'utilisation des marqueurs

Ces marqueurs vont nous permettre de définir la qualité des messages analysés. En effet, pour chaque type (intersection, endroit comme changement de direction et désignation des lieux de passage), nous avons identifié le message permettant de reproduire le trajet de manière optimale avec le moins de marqueurs possible. Denis (2016) utilise le terme de « description squelette ».

En appliquant une méthode statistique simple et en faisant appel, là aussi, à des juges, on isole un sous-ensemble d'énoncés qui peuvent être considérés comme les énoncés nécessaires et juste suffisants pour permettre à un navigateur d'effectuer aisément le déplacement en question. Ce sous-ensemble constitue la « description squelette », qui ne retient que l'essentiel de tous les protocoles individuels réunis, avec le nombre minimal de repères pertinents et de prescriptions permettant d'assurer un déplacement efficace. (Denis, 2016)

Nous avons ensuite mis en place des règles pour évaluer la qualité des messages de 0 à 10. Ce n'est bien sûr pas une note pour l'élève mais un outil pour le chercheur ! Cela nous permettra, par la suite de comparer l'efficacité des différents registres choisis ainsi que l'efficacité des différents types. La note permettra également de voir si une amélioration a été constatée au cours des séances.

Pour chaque marqueur faux, manquant ou en trop, on enlève un point sur le capital initial de 10. Enfin, si un changement de codage intervient dans le message (notamment dans l'utilisation de Mori ou de MDir), on enlève également un point. Un marqueur peut être jugé comme n'étant pas clair, donc qu'une confusion peut être induite. Dans ce cas-là, le premier marqueur jugé comme n'étant pas clair est toléré, le point n'est perdu qu'au deuxième marqueur pas clair.

Nous avons choisi de définir la note par soustraction car les élèves utilisant des messages à grande proportion de marqueurs auraient reçu une meilleure note alors qu'un message de qualité

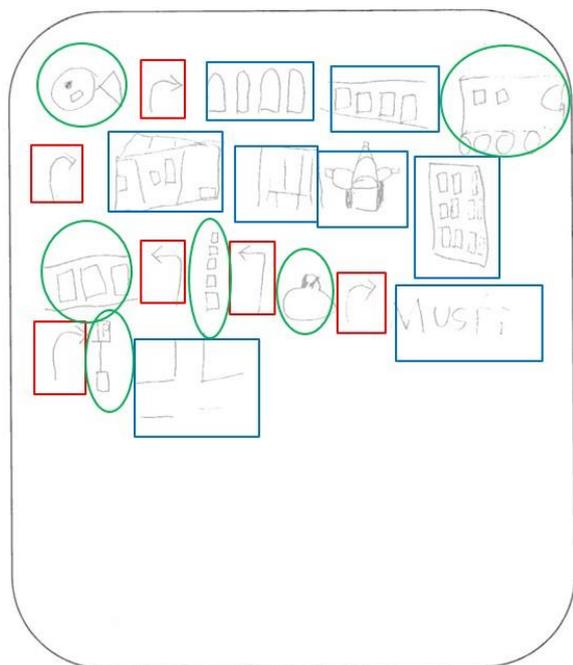


Image 7 – Exemple d'analyse des marqueurs

ne nécessite pas obligatoire la présence de beaucoup de marqueurs. Pour mieux comprendre, prenons l'exemple de l'image 7. Ce message appartient à la catégorie schéma de type 2. Pour en faciliter la lecture, les six marqueurs de direction ont été encadrés en rouge, les huit marqueurs de position ont été encadrés en bleu et les six marqueurs de changement de direction ont été entourés en vert. Dans ce message, deux marqueurs de position ont été jugés comme n'étant pas clairs (le premier de la deuxième ligne et le dernier de cette même ligne). Deux marqueurs de changement de direction ont également été

considérés comme n'étant pas clairs (les deux premiers de la troisième ligne). Cela fait donc perdre deux points sur le total de 10 donc ce message obtient une note de 8/10.

Analyse a posteriori

Les résultats qui seront analysés dans cette partie sont issus principalement des productions écrites faites lors des séance 3 et 6 des 4P et de la séance 8 des 5P. Dans un premier temps, nous analyserons la proportion de messages issus de chaque registre et de chaque type, puis à l'aide des notes données à chaque production nous déterminerons si une catégorie tend être plus efficace.

Analyse de la proportion

	Texte			Schéma			Plan			Total		
	4P		5P									
	Séance 3	Séance 6	Séance 8	Séance 3	Séance 6	Séance 8	Séance 3	Séance 6	Séance 8	Séance 3	Séance 6	Séance 8
Type 1	4	1	0	14	7	0				18	8	0
Type 2	26	36	7	7	10	1	4	8	13	37	54	21
Type 3	12	7	25	13	11	12	12	13	22	37	31	59
Total	42	44	32	34	28	13	16	21	35	92	93	80

Tableau 3 - Répartition par genres des messages dans la séance 3 / séance 6 / séance 8

Le tableau 3 nous montre la répartition des messages selon leur registre et leur type. Plusieurs éléments sont à mettre en évidence.

Commençons par analyser la proportion des messages en fonction de leur registre. Lors des séances de 4P, nous pouvons voir une surreprésentation du texte par rapport au plan qui est sous représenté. Le plan n'étant pas travaillé en 4P, il était en quelque sorte attendu que moins d'élèves aient recours à ce registre. En effet, selon le PER (Plan d'Étude Romand), l'apprentissage du plan en mathématiques commence en 5P. Comme nous l'avons déjà précisé, aucun des registres n'est meilleur qu'un autre, mais ils entraînent des contraintes différentes. Le schéma, quant à lui, en 4P, représente environ 1/3 des productions. Nous pouvons voir une légère baisse entre la séance 3 et la séance 6. Passons maintenant au 5P. Le plan ayant été au centre de l'apprentissage tout au long de la séquence d'enseignement, ce registre prend alors sans surprise une place plus grande dans les proportions et devient le registre le plus choisi. Le texte est toujours très présent également, contrairement aux schémas qui ont été peu choisis par les élèves lors de cette séance. La forte présence du texte peut s'expliquer par un effet du contrat didactique. En effet, dans le contexte scolaire, il est régulièrement demandé et répété aux élèves de répondre par une phrase complète. Ainsi, comme les activités se déroulaient dans l'école, les élèves peuvent avoir privilégié le texte dans un souci de faire ce que l'enseignant·e attend d'eux.

Regardons maintenant les types de production que nous avons relevés. Le point notable est la disparition progressive du type 1 (désignation des lieux de passage) qui est sûrement le plus coûteux et à bien des égards moins efficace que les deux autres. Lors de la séance 3, il y a 18 productions utilisant cette manière de faire, puis 8 lors de la séance 6 et finalement 0 en 5P. Les élèves ont ainsi compris l'importance d'utiliser les directions pour indiquer un chemin. La diminution du type 1 explique également la diminution du registre des schémas. En effet, une forte proportion de ce type se retrouvait dans le registre des schémas. Entre le type 3 (intersection) et le type 2 (endroit comme changement de direction), la proportion varie au fil des séances. Dans la séance 3, les deux types sont représentés à égalité (37 productions pour chacun des deux types). Dans la séance 6, le type 2 est nettement plus présent par rapport au type 3 (presque le double), alors qu'en 5P, nous trouvons le résultat inverse et c'est le type 3 qui est presque trois fois plus présent que le type 2. Ceci peut s'expliquer par le fait que, lors de la séquence d'enseignement de 5P, plusieurs scénarios ont eu lieu dans la zone résidentielle. Or, cette zone nécessite l'utilisation d'un mode de fonctionnement proche du type 3. En effet, l'absence de points de repère force les élèves à se repérer en fonction des carrefours et de la direction prise à chaque carrefour. Lors des mises en commun, les deux façons de faire étaient mises en évidence. Les élèves pouvaient soit lier un point de repère à une direction, soit compter

les carrefours et donner la direction à prendre pour chaque carrefour. Seulement, souvent, la technique consistant à utiliser les points de repère n'était pas praticable à cause de la zone résidentielle. Cela peut expliquer d'une certaine manière le choix du type 3 au détriment du type 2 lors de la séance 8.

Analyse de l'efficacité séance 3 de 4P

Le codage que nous avons mis en place avec les marqueurs, nous a permis de mettre une note à chaque production. En récoltant ces résultats, nous avons pu calculer des moyennes et mettre en place des graphiques en histogrammes pour analyser plus en profondeur l'efficacité des messages. Les histogrammes se lisent de la manière suivante : L'axe des abscisses représente les notes obtenues. L'axe des ordonnées a deux représentations, une première qui se lit à gauche en lien avec la couleur bleu, est le nombre des productions ayant obtenu une telle note. La deuxième représentation se lit à droite et indique, en fonction du pourcentage général, la proportion de la note. Pour cela, il faut se référer à la couleur orange sur le tableau. Enfin, la ligne continue en gris indique le pourcentage cumulé.

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	18	19,78%	19,78%
1	1	1,10%	20,88%
2	2	2,20%	23,08%
3	6	6,59%	29,67%
4	3	3,30%	32,97%
5	11	12,09%	45,05%
6	13	14,29%	59,34%
7	14	15,38%	74,73%
8	13	14,29%	89,01%
9	6	6,59%	95,60%
10	4	4,40%	100,00%
Total	91	100,00%	

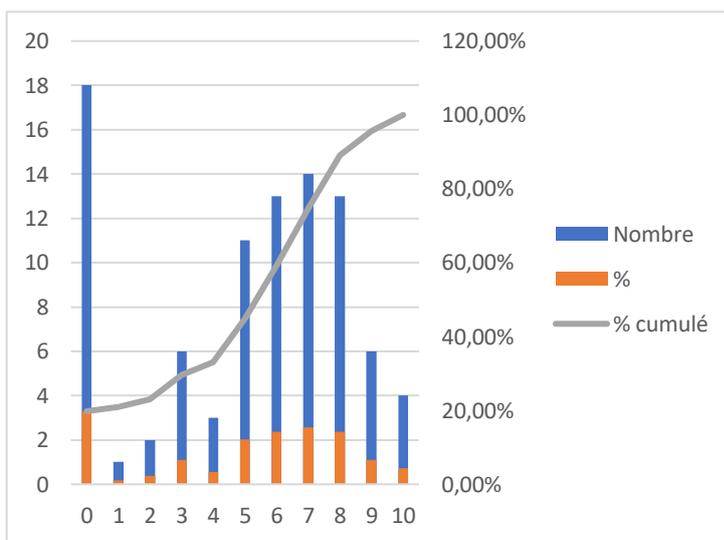


Tableau 4 – Graphique en histogrammes et son tableau croisé représentant la qualité des messages de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 5,0989011)

La moyenne générale pour la première séance était de 5,09 sur 10. L'analyse de l'histogramme nous permet de mieux comprendre ce résultat. En effet, nous pouvons constater une surreprésentation de la note « 0 ». (Comme cela n'est pas transmis aux élèves, nous avons accepté de mettre comme note « 0 » car il n'y avait pas de risque d'impacter le moral des élèves). Cette surreprésentation diminue grandement la moyenne. Maintenant, il est intéressant

de chercher où se trouvent ces mauvaises notes. Pour cela, nous avons créé des graphiques similaires pour chaque registre et chaque type.

Analyse selon le type de messages

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	11	64,71%	64,71%
2	1	5,88%	70,59%
5	3	17,65%	88,24%
6	1	5,88%	94,12%
9	1	5,88%	100,00%
Total	17	100,00%	

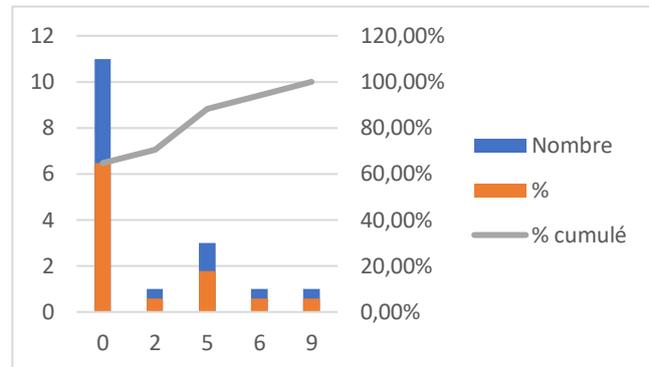


Tableau 5 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 1 (désignation de lieux de passage) de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 1,88235294)

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	1	2,70%	2,70%
2	1	2,70%	5,41%
3	4	10,81%	16,22%
4	2	5,41%	21,62%
5	3	8,11%	29,73%
6	9	24,32%	54,05%
7	7	18,92%	72,97%
8	7	18,92%	91,89%
9	3	8,11%	100,00%
Total	37	100,00%	

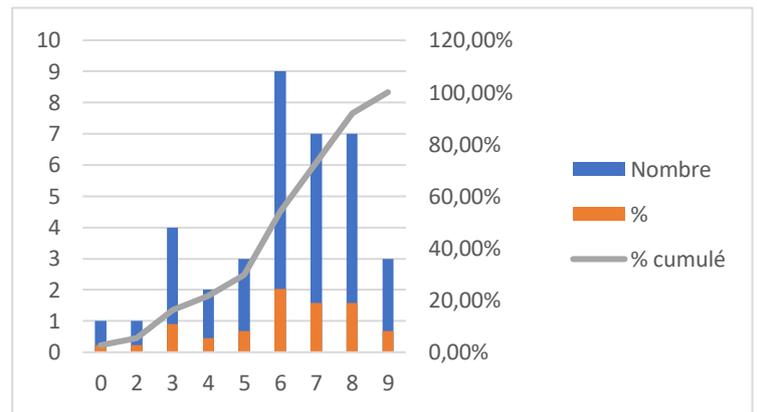


Tableau 6 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 2 (Endroit comme changement de direction) de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 6,02702703)

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	6	16,22%	16,22%
1	1	2,70%	18,92%
3	2	5,41%	24,32%
4	1	2,70%	27,03%
5	5	13,51%	40,54%
6	3	8,11%	48,65%
7	7	18,92%	67,57%
8	6	16,22%	83,78%
9	2	5,41%	89,19%
10	4	10,81%	100,00%
Total	37	100,00%	

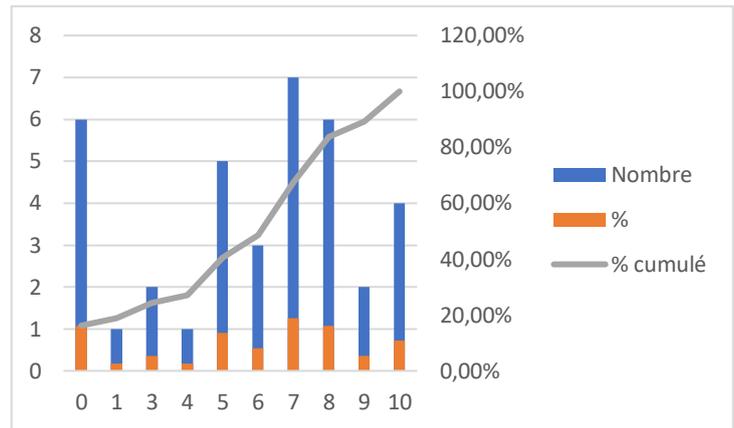


Tableau 7 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 3 (intersection) de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne =5,64864865)

Le tableau 5 représente les résultats obtenus pour toutes les productions appartenant au type 1 (désignation des lieux de passage). Nous pouvons voir qu'il y a eu onze productions qui ont obtenu la note de « 0 ». Il y a donc une surreprésentation de « 0 » dans cette catégorie. La moyenne est de 1,88. Cela est bien en dessous de la moyenne générale. Pour le type 2 (endroit comme changement de direction), le tableau 6 nous montre que la note de « 0 » est beaucoup moins présente (une seule production). Il y a une plus forte présence des notes « 6 », « 7 » et « 8 ». La moyenne est également bien plus élevée. Enfin le tableau 7 qui décrit le type 3 (intersection), nous montre également une forte proportion de production possédant la note de « 0 », mais des notes élevées sont également présentes en nombre ce qui remonte la moyenne à 5,64.

Ces résultats confirment notre hypothèse selon laquelle le type 1 est moins efficace. La forte proportion de « 0 » confirme que décrire un trajet sans indiquer de changements de direction ne permet pas vraiment d'être efficace.

Une question que nous pouvons nous poser concerne l'existence d'une hiérarchie entre le type 2 et le type 3. A l'analyse de ce premier, nous constatons que les moyennes sont sensiblement proches, avec cependant un léger avantage pour le type 2 (6,02 contre 5,64). Très peu de productions appartenant au type 2 ont obtenu des notes vraiment mauvaises, contrairement au type 3 qui possède une forte représentation de la note « 0 ». D'un autre côté le type 2 ne contient aucune production ayant obtenu une note parfaite contrairement au type 3. A ce stade de l'analyse, certains éléments sont encore manquants pour comprendre ces différences entre le

type 1 et le type 2. Afin de remédier à cela, regardons ce que les résultats obtenus nous indiquent pour les différents registres.

Analyse selon le registre

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	3	7,14%	7,14%
3	3	7,14%	14,29%
4	2	4,76%	19,05%
5	4	9,52%	28,57%
6	8	19,05%	47,62%
7	8	19,05%	66,67%
8	8	19,05%	85,71%
9	4	9,52%	95,24%
10	2	4,76%	100,00%
Total	42	100,00%	

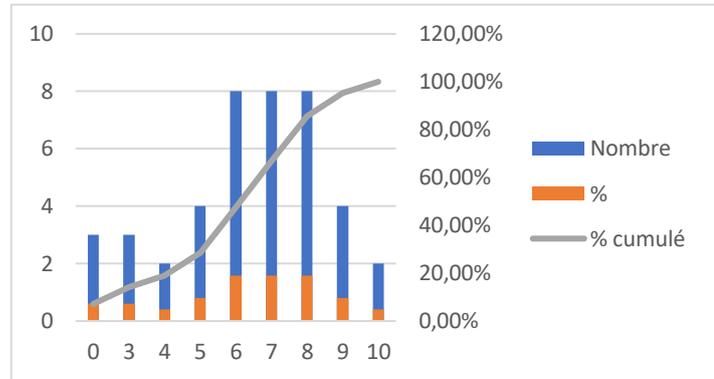


Tableau 8 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre langagier de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 6,214285714)

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	9	27,27%	27,27%
1	1	3,03%	30,30%
2	2	6,06%	36,36%
3	1	3,03%	39,39%
4	1	3,03%	42,42%
5	4	12,12%	54,55%
6	2	6,06%	60,61%
7	6	18,18%	78,79%
8	4	12,12%	90,91%
9	2	6,06%	96,97%
10	1	3,03%	100,00%
Total	33	100,00%	

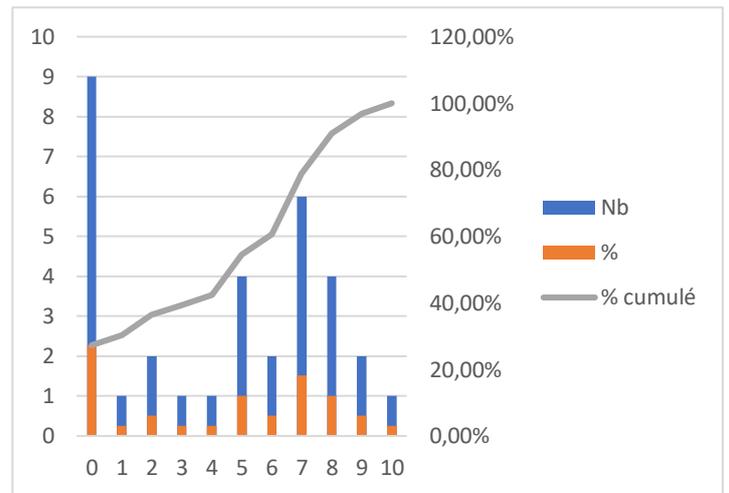


Tableau 9 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre schéma de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 4,42424242)

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	6	37,50%	37,50%
3	2	12,50%	50,00%
5	3	18,75%	68,75%
6	3	18,75%	87,50%
8	1	6,25%	93,75%
10	1	6,25%	100,00%
Total	16	100,00%	

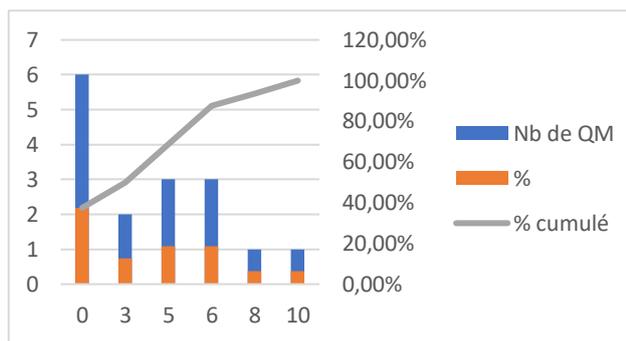


Tableau 10 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre plan de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 3,5625)

Le tableau 8 nous montre le graphique en histogrammes des productions utilisant le registre langagier. La moyenne est de 6,21. Les notes « 6 », « 7 » et « 8 » sont les plus représentées et les notes dans les extrêmes (« 0 » et « 10 ») sont plus faiblement représentées.

Avec le tableau 9, nous pouvons voir les résultats obtenus pour les productions utilisant des schémas. La moyenne est de 4,42 et nous pouvons voir une surreprésentation de « 0 ». Pour les plans, le constat est le même, avec également une surreprésentation de « 0 ». La moyenne pour les plans est de 3,56.

Nous pouvons voir que les textes obtiennent une moyenne bien plus élevée que les deux autres registres. Or, selon nos hypothèses, il n'apparaît pas a priori qu'un registre puisse être supérieur à un autre, mais les résultats obtenus dans cette première séance nous pousseraient à croire le contraire. Plusieurs éléments doivent être éclairés afin de mieux comprendre cela.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, le plan n'est pas étudié au programme de mathématiques de 4P et de plus, dans les séances de l'ingénierie didactique mises en place, il sera travaillé en 5P. Ainsi, la non-maîtrise de ce registre est somme toute logique. Les élèves ne sont pas encore sensés savoir utiliser le plan de manière adéquate. Nous ne pouvons donc pas encore juger de l'efficacité supposée du plan, il faudra attendre les séances de 5P.

Pour expliquer la différence de moyenne entre le texte et le schéma, nous allons devoir combiner l'analyse des registres et des types. Cela va également nous permettre de répondre à la différence entre le type 2 et le type 3.

Notes	Nombre	%	% cumulé
3	3	7,89%	7,89%
4	2	5,26%	13,16%
5	4	10,53%	23,68%
6	8	21,05%	44,74%
7	8	21,05%	65,79%
8	8	21,05%	86,84%
9	3	7,89%	94,74%
10	2	5,26%	100,00%
Total	38	100,00%	

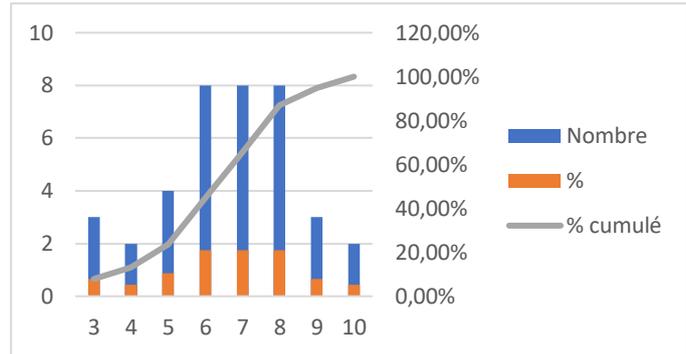


Tableau 11 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre langagier sans les messages de type 1 de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 6,63157895)

Analyse combinée

Si nous reprenons le tableau des proportions (tableau 3), dans la séance 3 de 4P, parmi les schémas, nous retrouvons 14 productions appartenant au type 1, 7 appartenant au type 2 et 13 appartenant au type 3. Tandis que pour le texte, seulement 4 des 42 messages utilisent le type 1. Comme nous l'avons observé, le type 1 n'est pas efficace. Il serait donc intéressant de reproduire les mêmes graphiques en enlevant les messages de type 1, afin de mieux comprendre la différence entre texte et schéma.

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	1	5,00%	5,00%
1	1	5,00%	10,00%
2	1	5,00%	15,00%
3	1	5,00%	20,00%
4	1	5,00%	25,00%
5	1	5,00%	30,00%
6	1	5,00%	35,00%
7	6	30,00%	65,00%
8	4	20,00%	85,00%
9	2	10,00%	95,00%
10	1	5,00%	100,00%
Total	20	100,00%	

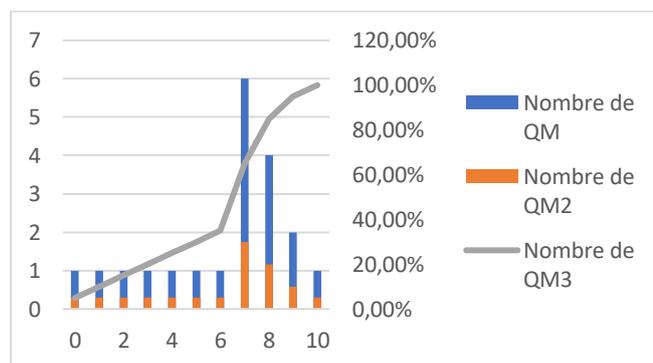


Tableau 12 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre schéma sans les messages de type 1 de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 6,15)

La différence de moyenne entre les schémas et les textes devient toute de suite plus restreinte. Les schémas passent ainsi d'une moyenne de 4,42 avec le type 1 à une moyenne de 6,15 sans

le type 1. La moyenne des textes s'améliore de manière moins significative, elle passe de 6,21 à 6,63, car la proportion de texte de type 1 est légère (seulement quatre productions).

Nous pouvons effectuer la même analyse pour distinguer le type 2 et le type 3. En effet, comme le plan n'est pas au programme de la 4P, il est intéressant de reprendre les graphiques vis précédemment et d'enlever les productions utilisant le registre du plan.

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	1	3,03%	3,03%
2	1	3,03%	6,06%
3	3	9,09%	15,15%
4	2	6,06%	21,21%
5	3	9,09%	30,30%
6	6	18,18%	48,48%
7	7	21,21%	69,70%
8	7	21,21%	90,91%
9	3	9,09%	100,00%
Total	33	100,00%	

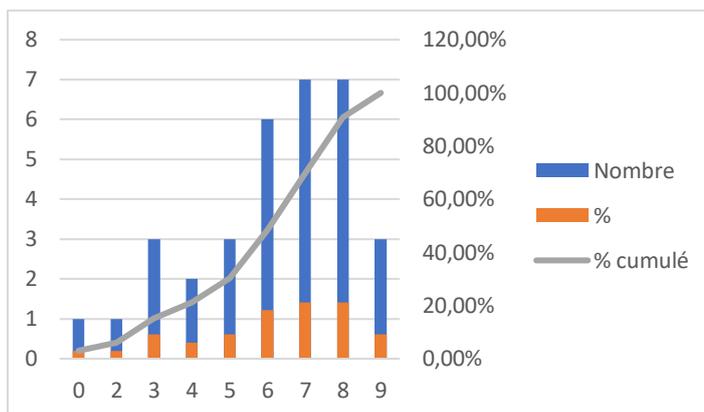


Tableau 13 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 2 sans les messages du registre plan de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 6,12121212)

Notes	Nombre	%	% cumulé
1	1	4,00%	4,00%
3	1	4,00%	8,00%
4	1	4,00%	12,00%
5	2	8,00%	20,00%
6	3	12,00%	32,00%
7	7	28,00%	60,00%
8	5	20,00%	80,00%
9	2	8,00%	88,00%
10	3	12,00%	100,00%
Total	25	100,00%	

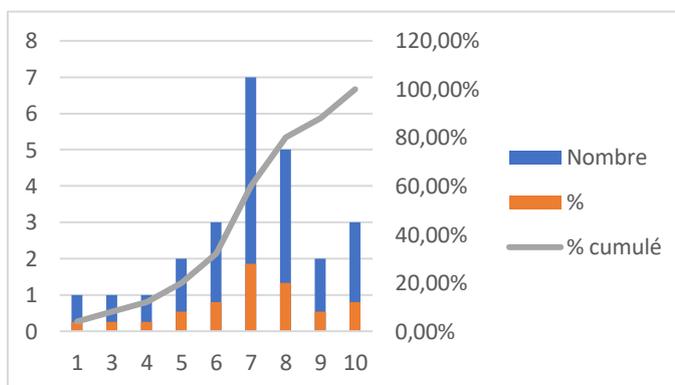


Tableau 14 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 3 sans les messages du registre plan de la séance 3 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 6,92)

Le tableau 13 est relativement similaire au tableau 6. La moyenne passe de 6,02 à 6,12. Nous pouvons en déduire que les plans associés au type 2 n'étaient pas mauvais. La grosse différence vient pour le type 3. Dans le tableau 14, nous ne retrouvons pas de surreprésentation de « 0 » et la moyenne passe de 5,64 à 6,92. Le type 3 obtient de cette manière une moyenne bien supérieure au type 2 qui permet de mettre en perspective le résultat obtenu précédemment.

Analyse de l'efficacité séance 6 de 4P

Nous pouvons effectuer la même analyse avec cette fois-ci les messages de la séance 6 de 4P. Entre les deux séances, les élèves ont pu mettre à l'essai le fonctionnement de leur premier message, le modifier et travailler avec d'autres élèves pour comprendre différents modes de pensée. Commençons, à nouveau, avec le graphique de la séance générale.

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	7	7,87%	7,87%
1	2	2,25%	10,11%
2	4	4,49%	14,61%
3	8	8,99%	23,60%
4	6	6,74%	30,34%
5	11	12,36%	42,70%
6	17	19,10%	61,80%
7	10	11,24%	73,03%
8	9	10,11%	83,15%
9	8	8,99%	92,13%
10	7	7,87%	100,00%
Total	89	100,00%	

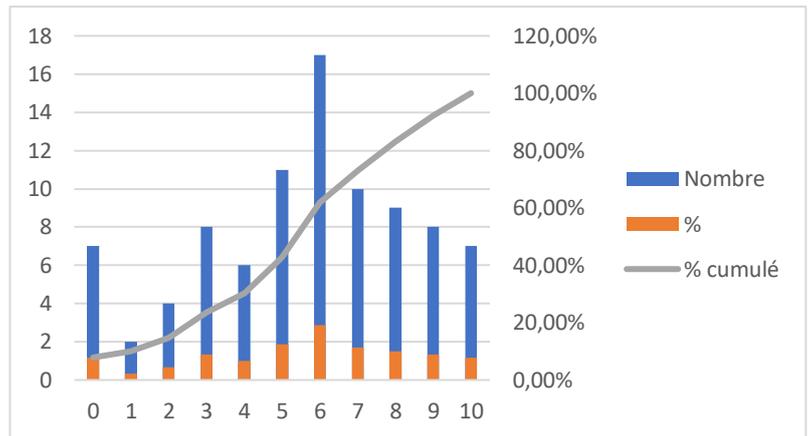


Tableau 15 – Graphique en histogrammes et son tableau croisé représentant la qualité des messages de la séance 6 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 5,606741573)

Nous pouvons déjà constater une nette amélioration par rapport à la séance 3. Le nombre de « 0 » est passé de 18 à 7 pour cette deuxième activité. Le nombre de très bonnes notes (« 9 » ou « 10 ») a augmenté ce qui est également positif. La moyenne s'est également améliorée d'environ un demi-point soit 5% (5,09 pour la séance 3 et 5,6 pour la séance 6). Analysons maintenant plus en détail pour voir ce que cela donne en fonction du type et du registre, afin de comprendre cette augmentation.

Analyse selon le type

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	2	28,57%	28,57%
3	3	42,86%	71,43%
4	1	14,29%	85,71%
6	1	14,29%	100,00%
Total	7	100,00%	

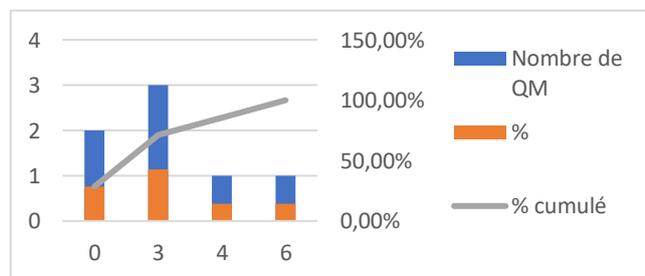


Tableau 16 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 1 (désignation de lieux de passage) de la séance 6 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 2,714285714)

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	3	5,66%	5,66%
2	2	3,77%	9,43%
3	4	7,55%	16,98%
4	3	5,66%	22,64%
5	8	15,09%	37,74%
6	11	20,75%	58,49%
7	9	16,98%	75,47%
8	7	13,21%	88,68%
9	3	5,66%	94,34%
10	3	5,66%	100,00%
Total	53	100,00%	

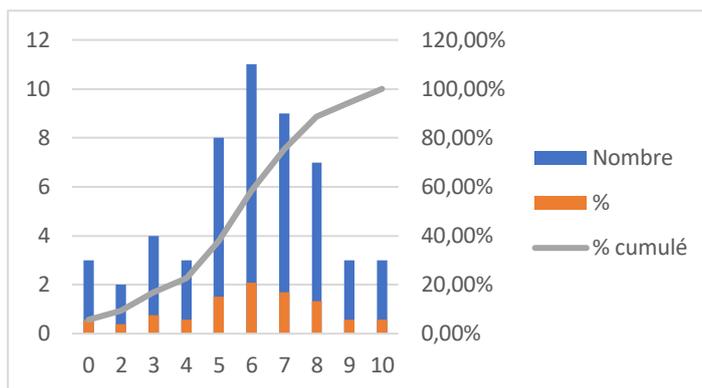


Tableau 17 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 2 (Endroit comme changement de direction) de la séance 6 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 5,849056604)

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	2	6,90%	6,90%
1	2	6,90%	13,79%
2	2	6,90%	20,69%
3	1	3,45%	24,14%
4	2	6,90%	31,03%
5	3	10,34%	41,38%
6	5	17,24%	58,62%
7	1	3,45%	62,07%
8	2	6,90%	68,97%
9	5	17,24%	86,21%
10	4	13,79%	100,00%
Total	29	100,00%	

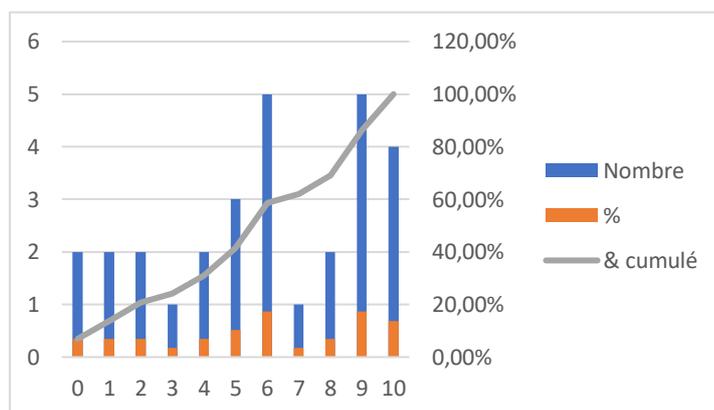


Tableau 18 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 3 (intersections) de la séance 6 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 5,862068966)

La moyenne des messages de type 1 reste mauvaise, mais on constate tout de même une légère augmentation (la moyenne passe de 1,88 à 2,71). Le nombre de productions correspondant au type 1 a bien diminué, ce qui montre que plusieurs élèves ont compris que ce procédé n'était pas efficace.

La moyenne du type 2 est sensiblement restée la même. Lors de la séance 3, elle était à 6,02 et pour la séance 6, elle est à 5,84. Cette diminution de dix-huit centièmes n'est pas significative. Cependant il est intéressant de mettre en lumière que malgré une bien plus grande proportion

(37 productions dans la séance 3 contre 53 productions dans la séance 6), la moyenne est restée stable.

Pour le type 3, l'augmentation de la moyenne est, à nouveau, non-significatif (5,64 pour la séance 3 contre 5,86 pour la séance 6). Par contre, pour cette séance, la moyenne des messages de type 2 et celle des messages de type 3 est la même.

Analyse selon le registre

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	2	4,76%	4,76%
2	3	7,14%	11,90%
3	3	7,14%	19,05%
4	2	4,76%	23,81%
5	4	9,52%	33,33%
6	9	21,43%	54,76%
7	8	19,05%	73,81%
8	5	11,90%	85,71%
9	4	9,52%	95,24%
10	2	4,76%	100,00%
Total	42	100,00%	

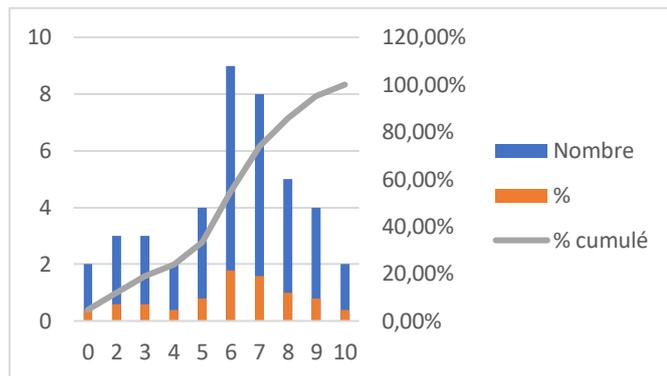


Tableau 19 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre langagier de la séance 6 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 5,928571429)

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	2	7,69%	7,69%
2	1	3,85%	11,54%
3	3	11,54%	23,08%
4	2	7,69%	30,77%
5	2	7,69%	38,46%
6	4	15,38%	53,85%
7	1	3,85%	57,69%
8	4	15,38%	73,08%
9	3	11,54%	84,62%
10	4	15,38%	100,00%
Total	26	100,00%	

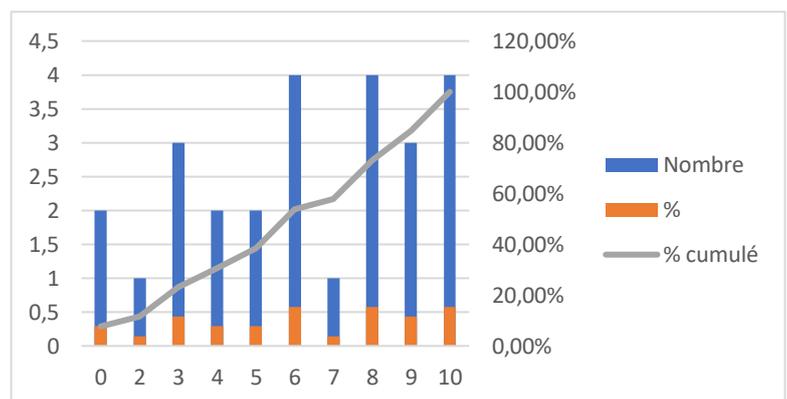


Tableau 20 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre schéma de la séance 6 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 6,115384615)

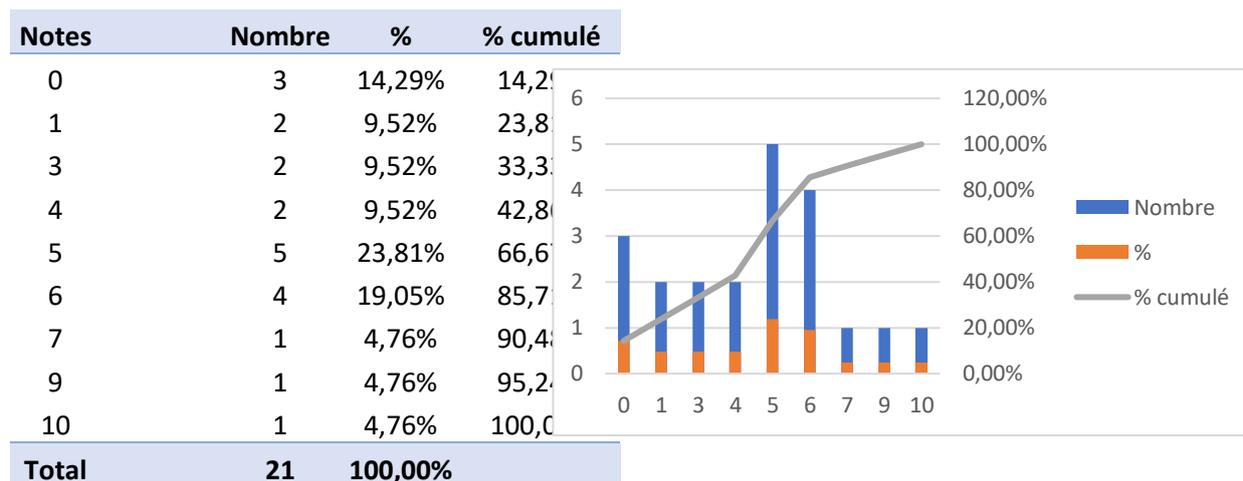


Tableau 21 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre plan de la séance 6 de l'ingénierie de 4P (moyenne = 4,33333333)

Lors de cette deuxième séance de production de messages, plus d'élèves ont choisi de faire un plan, malgré le fait que le plan ne soit toujours pas introduit par les enseignant·e·s. La moyenne des plans s'est améliorée et certain·e·s ont même réussi à en produire d'excellents. Concernant le registre langagier, il convient de rappeler qu'aucun message de type 1 n'a utilisé ce registre. La légère baisse de moyenne n'est pas significative (6,21 en séance 3 et 5,92 en séance 6). Ce qui est intéressant, c'est que les schémas possèdent une bien meilleure moyenne (6,11) malgré l'inclusion des messages de type 1. En enlevant les messages de type 3, cette moyenne augmente encore drastiquement (7,36). Est-ce que les schémas sont plus efficaces que les textes ? Est-ce que le risque d'erreurs est moins élevé en produisant des schémas qu'en écrivant un texte entier ? Il est encore trop tôt pour tirer une telle conclusion. Regardons maintenant ce que les résultats donnent pour l'ingénierie de 5P.

Analyse de l'efficacité séance 8 de 5P

Une première remarque à faire, est que la production d'un message dans l'ingénierie de 5P arrive en toute fin de séance. Les élèves ont beaucoup travaillé sur le plan et il sera intéressant de voir à quel point il·elle·s maîtrisent désormais ce registre. Prenons pour commencer les statistiques de la séance en générale.

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	1	1,25%	1,25%
1	1	1,25%	2,50%
2	4	5,00%	7,50%
3	3	3,75%	11,25%
4	4	5,00%	16,25%
5	3	3,75%	20,00%
6	9	11,25%	31,25%
7	8	10,00%	41,25%
8	10	12,50%	53,75%
9	21	26,25%	80,00%
10	16	20,00%	100,00%
Total	80	100,00%	

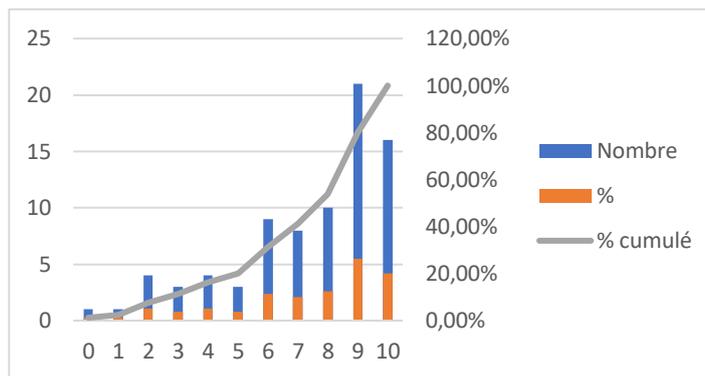


Tableau 22 – Graphique en histogrammes et son tableau croisé représentant la qualité des messages de la séance 8 de l'ingénierie de 5P (moyenne = 7,35)

Une année plus tard, les élèves ont beaucoup progressé. La moyenne générale est montée jusqu'à 7,35. Le graphique nous montre une surreprésentation des notes « 9 » et « 10 », ce qui est une très bonne nouvelle. Le pourcentage cumulé nous permet de voir que seulement 20% des productions obtiennent une note entre « 0 » et « 5 » (ainsi 80% des élèves ont obtenu une note supérieure ou égale à « 6 »). Ces premières statistiques sont encourageantes, penchons-nous maintenant plus en détail sur les types et les registres.

Analyse selon le type

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	1	4,76%	4,76%
1	1	4,76%	9,52%
2	3	14,29%	23,81%
3	2	9,52%	33,33%
4	2	9,52%	42,86%
5	3	14,29%	57,14%
6	4	19,05%	76,19%
7	2	9,52%	85,71%
8	1	4,76%	90,48%
9	1	4,76%	95,24%
10	1	4,76%	100,00%
Total	21	100,00%	

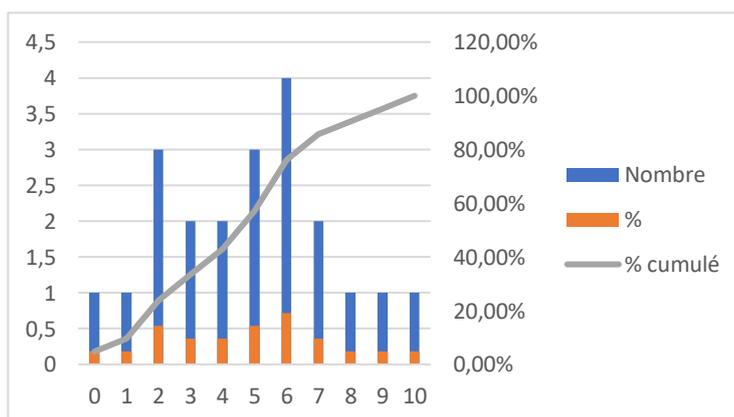


Tableau 23 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 2 (Endroit comme changement de direction) de la séance 8 de l'ingénierie de 5P (moyenne = 4,80952381)

Notes	Nombre	%	% cumulé
2	1	1,69%	1,69%
3	1	1,69%	3,39%
4	2	3,39%	6,78%
6	5	8,47%	15,25%
7	6	10,17%	25,42%
8	9	15,25%	40,68%
9	20	33,90%	74,58%
10	15	25,42%	100,00%
Total	59	100,00%	

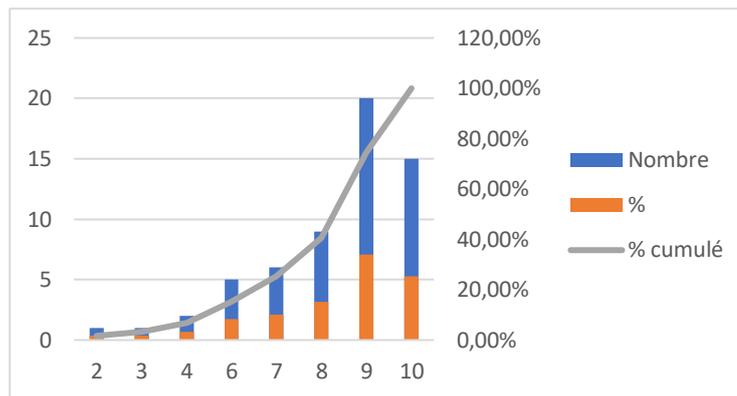


Tableau 24 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du type 3 (intersections) de la séance 8 de l'ingénierie de 5P (moyenne = 8,254237288)

Tout d'abord, nous pouvons constater que les messages du type 1 ne sont plus utilisés. Les élèves ont compris que ce n'était pas un moyen efficace et aucun·e n'a repris ce mode de fonctionnement. La moyenne des messages du type 2 a grandement chuté (6,02 en séance 3, 5,84 en séance 6 pour les ingénieries de 4P et 4,8 pour la 5P). Une première hypothèse pour expliquer cette diminution est que parmi les élèves ayant eu recours au type 1 lors de la première séance de 4P, beaucoup ont cette fois-ci eu recours au type 2. Cela ne s'avéra pas concluant. En effet, seulement 5 élèves sur les 17 sont passés du type 1 au type 2, 9 ont utilisé le type 3 et 3 n'étaient pas présents lors de la séance 8. Cela ne permet donc pas d'expliquer cette diminution de moyenne.

Une autre hypothèse serait de dire que les élèves ayant utilisé le type 2 pour la séance 8, ont plus de difficultés scolairement. Pour cela, nous avons retrouvé leur note dans la séance 3 de 4P. En calculant leur moyenne, nous obtenons une moyenne de 4,11 avec une surreprésentation de notes entre « 0 » et « 3 ». Cette hypothèse semble intéressante et probante. De cette manière, nous constatons, que ces élèves ont, en moyenne, tout de même progressé entre la production du premier et du dernier message.

Enfin, la dernière hypothèse serait que les élèves avec de la facilité ont changé de mode de fonctionnement et ont abandonné le type 2 au profit du type 3. Pour ce faire, nous avons relevé les élèves ayant une note supérieure ou égale à « 7 » lors dans la séance 3 de 4P et utilisant le type 2. 17 élèves rentraient dans ces critères. Parmi eux·elles, 4 se retrouvent encore dans le type 2 pour la séance 8, 10 ont utilisé le type 3 et 3 n'étaient pas présents. Cette hypothèse est également concluante. Comme lors de la séance 3 de l'ingénierie de 5P, l'utilisation du plan dans la zone résidentielle a forcé les élèves à avoir recours à un mode de fonctionnement proche

du type 3, par un effet de *contrat didactique* (Brousseau, 1998), il-elle-s ont repris ce mode de fonctionnement pour la production du message.

« Le plus est l'ennemi du mieux ! » Est-ce que le fait d'utiliser des points de repère offre le risque de commettre plus d'erreurs. Denis, en parlant du langage spatial, nous dit : « une trop grande spécification est non seulement souvent superflue, mais elle risque de s'avérer contre-productive pour la communication » (2016, p.3). La simplification du message en prenant en compte uniquement la direction à prendre à chaque carrefour serait-elle de fait une option à favoriser pour la création de messages ? Les élèves ayant eu recours à cette technique ont très bien réussi leur message avec une moyenne à 8,25 et seulement 6,78% de notes inférieures ou égales à « 4 ».

Analyse selon le registre

Pour la séance de 5P, il sera intéressant de voir l'efficacité des messages utilisant le plan. Est-ce que les élèves sont parvenu·e·s, grâce aux séances mises en place, à maîtriser ce registre ? C'est ce que nous allons découvrir.

Notes	Nombre	%	% cumulé
4	2	6,25%	6,25%
5	2	6,25%	12,50%
6	4	12,50%	25,00%
7	1	3,13%	28,13%
8	8	25,00%	53,13%
9	10	31,25%	84,38%
10	5	15,63%	100,00%
Total	32	100,00%	

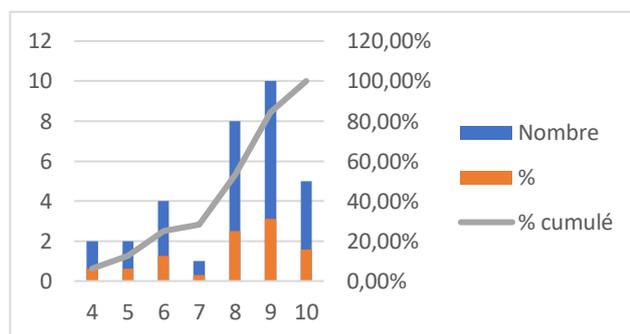


Tableau 25 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre langagier de la séance 8 de l'ingénierie de 5P (moyenne = 7,90625)

Notes	Nombre	%	% cumulé
1	1	7,69%	7,69%
7	3	23,08%	30,77%
8	1	7,69%	38,46%
9	4	30,77%	69,23%
10	4	30,77%	100,00%
Total	13	100,00%	

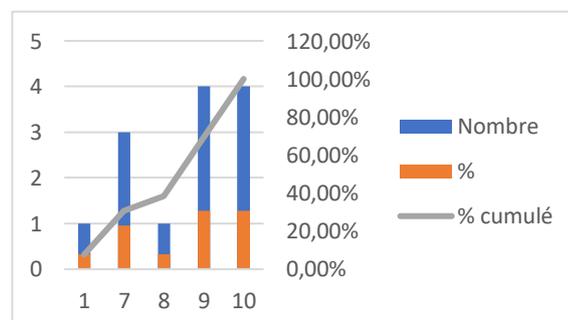


Tableau 26 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre schéma de la séance 8 de l'ingénierie de 5P (moyenne = 8,153846154)

Notes	Nombre	%	% cumulé
0	1	2,86%	2,86%
2	4	11,43%	14,29%
3	3	8,57%	22,86%
4	2	5,71%	28,57%
5	1	2,86%	31,43%
6	5	14,29%	45,71%
7	4	11,43%	57,14%
8	1	2,86%	60,00%
9	7	20,00%	80,00%
10	7	20,00%	100,00%
Total	35	100,00%	

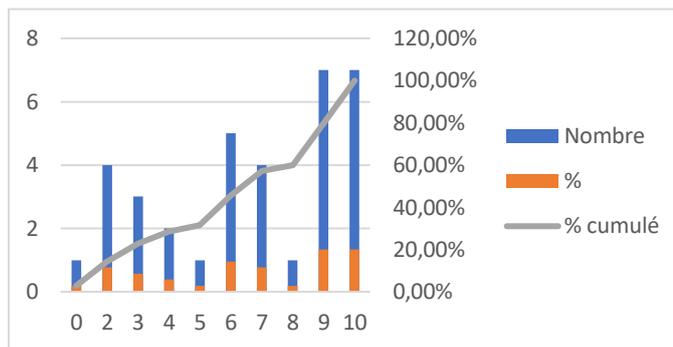


Tableau 27 – Graphique en histogrammes représentant la qualité des messages du registre plan de la séance 8 de l'ingénierie de 5P (moyenne = 6,542857143)

Comme nous le montrent ces graphiques, le registre langagier et le schéma sont maîtrisés par les élèves. Les moyennes à 7,90 pour le texte et 8,15 pour le schéma sont excellentes. Pour le texte, nous pouvons remarquer que 71,83% des élèves ont obtenu une note égale ou supérieure à « 7 ». Pour le schéma, un·e élève s'est bien trompé·e, mais sinon tous les autres messages sont excellents.

Prenons maintenant le plan. La moyenne de 6,54 montre une belle augmentation par rapport aux séances de 4P. Nous remarquons également une surreprésentation des notes « 9 » et « 10 » et 54,29% des élèves ont obtenu une note égale ou supérieure à « 7 ». Plus d'élèves ont essayé de créer un plan et les résultats sont encourageants. Berthelot et Salin (1993), ont questionné des élèves de CM2 (7P Harnos) sur leur maîtrise du plan. Pour ce faire, les élèves avaient un plan contenant un des bâtiments de leur école ainsi qu'une partie du préau. Il convient également de préciser que le bâtiment est connu des élèves, mais leur classe se trouve ailleurs. L'observateur et les élèves sont dans le préau à un endroit visible sur le plan. Le plan est posé sur une table, mais n'est pas dans le même sens que les bâtiments. L'observateur montre une porte à l'élève et ce·cette dernier·ère doit indiquer la porte sur le plan. 24% des élèves ont réussi du premier coup, 37% ont réussi à modifier dans un second temps leur point de vue, et 39% n'ont pas compris le problème lié à l'orientation du plan. (Berthelot & Salin, 1993, p. 46) Cette expérience est différente de la nôtre en bien des points. Tout d'abord, le plan utilisé dans le cas de Berthelot et Salin est plus de type architectural que le plan de la ville dans Spageo. Ensuite, les élèves n'avaient pas suivi tout un enseignement de plusieurs semaines en lien avec le plan. Cependant, un contraste peut être donné par rapport à l'âge des élèves, de deux années plus âgé·es dans les expériences de Berthelot et Salin. De plus, dans notre projet, les élèves ne

devaient pas simplement lire et interpréter un plan, mais le produire, ce qui est une opération plus complexe. Cela nous montre que l'apprentissage et la maîtrise du plan n'est pas évidente et les résultats obtenus nous encouragent.

Après deux ans de travail dans la ville, nous pouvons voir que les progrès effectués par les élèves sont déjà conséquents. L'analyse des résultats de l'ingénierie de 6P, permettra de se faire une idée sur les progrès réalisés sur l'ensemble du projet.

2^{ème} partie : L'expérimentation en classe d'accueil

Changeons maintenant de contexte pour travailler avec des élèves allophones. Dans cette deuxième partie, nous allons dans un premier temps décrire l'ingénierie mise en place dans ma classe d'accueil puis nous allons analyser les productions des élèves pour voir si, en quelques semaines, les élèves ont pu progresser.

Ingénierie en classe d'accueil

Pour l'expérimentation dans ma classe d'accueil, les activités que nous avons mises en place ont été grandement inspirées de ce qui avait été en fait avec les élèves de 4P et de 5P. Cette ingénierie devait, cependant, articuler en plus l'apprentissage du français langue seconde et les connaissances spatiales.

		Description
Séance 1	A1	Introduction, présentation de la manette, de la ville et du projet. Prise en main : trouver des lieux
	A2	Suivre un chemin fléché en répondant à des questions : Par exemple : As-tu vu un magasin de musique ? un arrêt de bus ?...
	A3	Production d'un premier message écrit.
Séance 2	A1	Rappel de la séquence 1 Communication : message oral à un autre élève, puis inversion des rôles.
	A2	Suivre un trajet dans la ville et noter simultanément sur le plan le trajet effectué. Mise en commun des stratégies.
	A3	Le chemin est tracé sur le plan, les élèves doivent le refaire dans la ville. Institutionnalisation
Séance 3	A1	Communication d'un trajet à un adulte
	A2	Rédaction d'un message
	A3	Auto validation : les élèves refont le chemin en utilisant leur message.

Tableau 28 - récapitulatif de l'ingénierie de la classe d'accueil

La première leçon consiste en une prise de connaissance de la ville et de son déplacement à l'intérieur. La manette ainsi que les touches permettant le déplacement sont présentées. Les élèves doivent se déplacer dans la ville et trouver certains lieux (par exemple : le magasin de fromage, la pizzeria...) ou objets (par exemple : une voiture, une borne à incendie...). L'objectif est de les rendre attentifs aux divers éléments du décor présents dans la ville.

En deuxième partie de séance, les élèves doivent suivre un premier tracé (annexe 2) et répondre simultanément à différentes questions (annexe 3) :

Question 1 : Compter le nombre de voitures visibles pendant le trajet.

Question 2 : Répondre par vrai ou faux à diverses affirmations. Les questions portent sur la compréhension des notions de gauche, droite, devant, derrière ainsi que la compréhension du vocabulaire des enseignes présentes dans la ville.

Question 3 : Dessiner un objet visible sur le trottoir.

Lors de la réalisation de cette fiche, les élèves peuvent refaire plusieurs fois le trajet.

Une fois le questionnaire rempli, les élèves doivent quitter la ville et répondre à de nouvelles questions en lien avec le trajet effectué (annexe 4).

Question 1 : Entourer les enseignes que les élèves ont vu pendant leur trajet

Question 2 : Choisir le carrefour par lequel le poste de police a été vu.

Question 3 : Indiquer la direction prise à différents carrefours. Le choix est donné entre à gauche, à droite et tout droit.

La première séance se termine avec la création d'un premier message. Les élèves reprennent le trajet utilisé précédemment et doivent rédiger un message permettant de reproduire le même trajet.

La deuxième séance commence avec une phase d'auto-vérification pendant laquelle, les élèves reprennent leur message effectué la semaine précédente et doivent reproduire le trajet en utilisant uniquement leur message.

Ensuite, il y a une phase de communication à un·e adulte, rendu possible par le faible effectif de la classe d'accueil. Ainsi chaque élève est avec un·e adulte à qui il·elle doit décrire oralement le trajet à suivre. La classe d'accueil étant composée majoritairement d'élèves ukrainiens, le

recours à la langue maternelle devient, donc, impossible et les élèves sont ainsi contraint·e·s à parler en français.

La séance se termine avec la découverte du plan. Comme dans l'ingénierie 5P, les élèves doivent suivre dans la ville un chemin tracé sur un plan (annexe 5), puis inversion, les élèves suivent le chemin indiqué dans la ville et doivent le retranscrire sur le plan (annexe 6).

La dernière séance commence avec une phase de communication à un·e autre élève. Les deux élèves se retrouvent face à face avec chacun·e un ordinateur. Les deux élèves se retrouvent au même endroit dans la ville, sauf que l'un·e a la ligne indiquant le chemin à suivre. L'élève émetteur·trice doit donner les bonnes informations à l'élève récepteur·trice afin que les deux élèves suivent le même chemin.

La séance se termine avec une phase de communication écrite. Les élèves doivent créer un nouveau message. Cette fois-ci, le chemin n'est pas connu des élèves. Le message est ensuite donné à un·e autre élève qui doit reproduire le chemin en utilisant les informations contenues dans le message.

Pour l'ensemble des activités proposées dans l'ingénierie de classe d'accueil, les élèves ont travaillé dans le centre-ville. La zone résidentielle n'a pas été utilisée.

L'ingénierie en classe d'accueil s'intègre également à l'ensemble des activités proposées le reste de la semaine. Ainsi, pendant les trois semaines d'expérimentation le champ lexical de la ville est grandement travaillé.

Le moyen d'enseignement proposé en classe d'accueil sur le canton de Genève s'intitule « Les Loustics ». La leçon 3 de l'unité 2 (annexe 7) du deuxième livre a pour objectif l'apprentissage du déplacement dans la ville. En premier, les élèves doivent distinguer oralement les termes « va tout droit », « tourne à droite », « tourne à gauche » et « traverse sur le passage piéton ». Toujours oralement, trois petits trajets sont proposés en utilisant la ville présentée dans le livre. Ces trajets utilisent les termes évoqués dans l'exercice précédent et permettent également de découvrir par association terme-image le vocabulaire de certaines enseignes (cinéma, école, musée, restaurant, librairie et boulangerie). Le dernier exercice est une chanson dans laquelle les termes « avance », « recule », « tourne » sont exercés.

Au niveau des rituels, le champ lexical de la ville est également au centre des apprentissages. La phrase du jour, que les élèves doivent recopier lors de leur entrée en classe, s'articule autour

du thème du déplacement dans la ville. Par exemple, nous pouvons retrouver des phrases telles que « le musée est à gauche du restaurant », ou « Léo tourne à gauche après le restaurant. »

Un Powerpoint travaillant le vocabulaire permet également de répéter chaque jour les termes « tout droit », « à gauche », « à droite », « carrefour », « passage piéton », ainsi que certaines enseignes importantes comme notamment, « la boulangerie », « cinéma », « le magasin de musique » ou « le parc ». Les élèves voient l'image et doivent donner oralement le terme de vocabulaire correspondant à l'image. Une fois la réponse donnée, le mot s'affiche pour permettre l'assimilation entre le mot écrit en français et sa représentation en image.

La présence dans la classe d'un Tableau Blanc Interactif (TBI) permet également avec le logiciel *OpenBoard* de travailler chaque jour des phrases dans lesquelles, les élèves doivent remettre les mots dans le bon ordre. Le TBI permet aux élèves d'utiliser la fonctionnalité tactile pour donner leur réponse. Lorsque la bonne réponse est donnée, la phrase s'affiche en vert et permet une validation par le milieu. Les élèves doivent ensuite relire à haute voix la phrase afin d'améliorer son assimilation.

Au niveau de la conjugaison, l'objectif est lié à l'apprentissage du verbe « aller » au présent. Pour ce faire, la conjugaison du verbe est travaillée collectivement

Analyse a posteriori de l'ingénierie de classe d'accueil

L'analyse pour l'ingénierie de la classe d'accueil sera différente que celle effectuée pour les expérimentations du projet Spageo. En effet, une analyse des proportions n'aurait pas de sens en vue du faible nombre de productions obtenues. Ainsi, dans cette partie, nous allons prendre le temps d'analyser en détail chacune des productions des élèves. Nous essaierons de voir si une progression a eu lieu entre le début et la fin de l'ingénierie. Dans un but d'anonymisation des productions, chaque élèves s'est vu attribuer un numéro allant de 11 à 17.

Message de l'élève 11

Tout d'abord, commençons par catégoriser ce message (annexe 8). Le lien entre point de repère et indication de direction nous permet de classer ce message dans la catégorie de type 2. Cette élève a utilisé le registre langagier. Pour une élève allophone, sa production montre déjà une bonne connaissance des termes utiles à la description d'un trajet. En effet, nous pouvons voir la présence des termes « gauche », « droite » ou « jusqu'à ». A noter que *zebre* désigne un passage piéton, car c'est le mot utilisé en Ukrainien.

L'utilisation du registre langagier rend la présence de marqueurs temporels ou d'étape implicite. Nous savons que la première étape à effectuer est celle écrite en haut à gauche. Cependant, nous pouvons également relever la présence du terme « après » (noté *apre*) qui structure le texte en liant les parties. Pour les marqueurs de direction, nous pouvons en noter six. Une direction est manquante car après le magasin 24/7, un changement de direction doit être indiqué. Mis à part ce point critique, les changements de direction sont bien indiqués. Nous avons cinq MCD (marqueurs de changement de direction) et un MP (marqueur de position). Le stand de hot dog est un point de confirmation du trajet. Il n'y a pas de changement de direction à faire à cet endroit. Les points de repère « première arbre », « magasin 24/7 » et « bus » sont très précis, l'ambiguïté n'est pas possible. Ces points de repère sont présents aux carrefours et nous indiquent exactement l'endroit où nous devons tourner. L'utilisation du passage piéton fonctionne car dans cette rue, il y a une faible présence de passages piétons. En effet, l'élève en traverse un au début de la rue, puis il y en a un deuxième à un carrefour sur la droite et le troisième se trouve sur la gauche à l'endroit où le changement de direction doit être effectué. Ainsi, dans ce cas précis, l'élève a bien utilisé les passages piétons. Cependant en cas de forte présence, le recours à ces points de repère peut s'avérer difficile.

En conclusion, le message est bien construit. La notation pour ce message donne 9/10, en effet, l'élève perd un point à cause de l'absence des Mdir, mais les autres marqueurs sont justes et précis.

Message de l'élève 12

Au niveau du registre utilisé (annexe 9), nous voyons la forme d'un plan grâce au tracé du chemin à parcourir. Maintenant est-ce que nous avons un plan de type 2 ou de type 3 ? Pour ce message, la distinction est légère. En effet, en indiquant les passages piétons, cela peut ressembler à l'indication de la direction à prendre à chaque carrefour. Cependant, les carrefours ne sont pas indiqués en tant que tel alors que le trajet est bien représenté sous forme de plan. En outre, sur la fin du trajet, sur la longue ligne droite, un plan de type 3 indiquerait les trois carrefours. De fait dans ce message, le passage piéton indique uniquement l'endroit où le changement de direction doit avoir lieu. Ainsi, nous avons choisi de classer ce message dans le type 2. Par contre le registre sémiotique est sans nul doute celui d'un plan.

Pour un plan, la question de l'orientation peut se poser ainsi que l'endroit du commencement du trajet. Cependant, dans ce message, l'élève a enlevé tout risque d'ambiguïté en indiquant les trois voitures proches du point de départ et le café (noté *cofe*). De cette manière, nous savons

que le point de départ se trouve un bas de la feuille. En ce qui concerne les Mdir, nous pouvons en relever cinq qui sont visibles par l'angle droit effectué par le trait représentant le trajet à suivre. Ces marqueurs sont tous justes. Au niveau des MCD, il y en a quatre. Ce sont les passages piétons placés proches des points critiques. Cependant, au moment de tourner pour la première fois à gauche, les MCD ne sont pas clairs. En effet, le chemin à suivre traverse le passage piéton. Dans le cas dessiné, nous pouvons croire qu'il faut tourner après le passage piéton. Le dessin à côté de ce passage piéton est également une source de souci. Nous pouvons penser que cela représente également un passage piéton mais sa position n'est pas correcte. Pour les marqueurs de position, nous en avons relevé huit (six passages piétons, le café et les trois voitures qui sont comptabilisées ensemble).

La note attribuée à ce message est donc de 9/10. Les deux marqueurs peu clairs font perdre le point.

Message de l'élève 13

Cette production (annexe 10) est un exemple de message de type 1. Nous avons une absence de marqueurs de direction et le message est composé uniquement de marqueurs de position. Le registre sémiotique utilisé est celui du schéma. L'élève a dessiné uniquement les objets qu'il voyait au cours de son trajet dans la ville.

La question du commencement pose un premier problème. Comme depuis le départ, nous voyons le stand de hot dog, nous allons admettre que le message se lit de haut en bas. Nous avons donc huit marqueurs de position. Deux d'entre eux ne sont pas clairs (celui à côté du hot dog et celui en dessous du 24/7). L'attribution d'une note à un tel message est compliquée. L'absence de marqueurs rend le message difficile à lire. Comme il manque cinq marqueurs de direction, nous enlevons déjà cinq points. Ensuite, les deux marqueurs de position qui ne sont pas clairs font perdre un point et il n'y a aucun marqueur qui nous permet de savoir à quel moment tourner avant de rencontrer les bus. Cela nous fait une note finale de 3/10.

Message de l'élève 14

Ce message (annexe 11), écrit en anglais appartient au registre langagier. Comme l'élève venait tout juste d'arriver dans la classe au moment de l'expérimentation, l'utilisation de sa langue maternelle a été acceptée. Cet·te élève se fait une représentation mentale du trajet de type 2. Les points critiques sont liés aux éléments de la ville (hotdog, supermarché, bus).

Comme ce message appartient au registre langagier, la question de l'ordre des étapes ne pose pas de problèmes, il se lit de gauche à droite et de haut en bas. En outre, nous pouvons relever

trois marqueurs de changement de direction (« hotdog », « supermarché » et « entre le troisième et le quatrième immeuble »). Les bus sont considérés comme marqueurs de position car ils indiquent la position finale du trajet. Pour les marqueurs de direction, nous en avons cinq (trois « aller tout droit », un « prends à droite » et un « prends à gauche »). Malheureusement, il manque deux marqueurs de direction. Au supermarché, la direction à prendre n'est pas indiquée et à la fin du trajet, il faut encore tourner une fois gauche avant de s'arrêter. Ainsi, cela donne une note de 8/10 à cette production.

Message de l'élève 15

Ce message (annexe 12) possède deux parties. L'élève a écrit un texte qui décrit le trajet à suivre et il a également dessiné le plan du trajet. Pour décrire ce message, nous allons surtout prendre en compte les informations données dans le texte, car le plan est une aide supplémentaire qui permet de confirmer le trajet. Ce message est de type 2, les changements de direction indiqués, sont en lien avec un point de repère.

Pour les marqueurs, l'élève a utilisé plusieurs marqueurs de position et marqueurs de changement de direction. Nous allons prendre le temps de les classer. En tout premier, nous avons les voitures qui représentent un marqueur de position. Le premier arrêt de bus est également un marqueur de position. Cependant, il est énoncé une deuxième fois comme un marqueur de changement de direction. Le magasin de musique possède la même ambivalence, sauf qu'il n'est pas répété. La locution « il y a », représente un marqueur de position et l'introduction du terme « après », en début de phrase suivante, indique que ce magasin de musique est également un marqueur de changement de direction car il indique le point critique où il faut aller à gauche. Le magasin 24/7 est un marqueur de position tout comme les voitures de police et les bus en fin de parcours.

Pour les marqueurs de direction, il y en a quatre. L'élève a plusieurs fois utilisé les termes « à gauche » et « à droite » pour indiquer précisément la position d'un point de repère. Toutefois, deux marqueurs de direction sont manquants dans ce message. En effet, après les voitures de police, l'élève indique trop vite qu'il faut tourner à gauche et à la toute fin du trajet, il manque également l'indication de tourner. Avec ces deux marqueurs manquants, on arrive ainsi à une note de 8/10.

Message de l'élève 16

La classification de ce message n'est pas évidente (annexe 13). Il y a en haut du message, des petites flèches qui indiquent les directions à prendre sans prendre en compte la notion de

distance, mais il y a également une forte présence de marqueurs de position, tous bien visibles au centre de la feuille. On peut d'emblée dire que ce message n'est pas de type 2, car les flèches ne sont pas associées aux points de repère. A notre avis, ce message est de type 1. En effet, la grande place accordée aux marqueurs de position plaide pour une représentation mentale de cet-te élève du trajet comme une succession de lieux de passage, alors que les flèches de changements de direction sont peu présentes et de loin pas systématiques.

Le registre utilisé est celui du schéma. Bien que des mots soient utilisés, ils sont là pour décrire de manière plus précise les dessins.

Dans ce message, nous avons sept marqueurs de position, (les trois voitures sont comptées comme un seul marqueur). Les marqueurs de direction, représentés par les flèches, sont au nombre de six. L'ordre des informations dans le message n'est pas bien indiqué : il se lit de haut en bas et de gauche à droite mais l'organisation mériterait d'être mieux arrangée afin de faciliter la lisibilité. L'attribution d'une note n'est pas facile. En prenant en compte les voitures et les flèches, nous pouvons interpréter qu'au début du parcours, une fois les voitures dépassées, il faut encore continuer tout droit, puis tourner à droite. Nous arrivons ainsi dans la rue avec les enseignes indiquées (notamment la boulangerie et le magasin de musique). Néanmoins, à partir de là, il est difficile de savoir à quel moment, il faut tourner. En prenant en compte le magasin 24/7, nous pouvons aller jusqu'à son emplacement, mais après les informations sont manquantes. Ainsi, nous avons choisi de considérer que cet-te élève n'a pas pris en compte la distance et a seulement indiqué les changements de direction donc nous lui avons enlevé deux points sur la note générale. La dernière flèche donnant l'indication de tourner à gauche est en trop, nous lui avons donc également enlevé un point. L'absence d'indication sur l'endroit précis où les deux derniers changements de direction doivent avoir lieu, lui font perdre également un point chacun. Enfin, l'absence de marqueurs d'étape lui fait perdre un dernier point. Ce qui fait un total de 4/10.

Message de l'élève 17

Un message original mais très difficile à classer tant les informations sont absentes (annexe 14). Si nous relevons les marqueurs, nous avons un marqueur de position avec le magasin 24/7 et trois marqueurs de direction. Le choix a été de placer ce message dans la catégorie de type 3 du registre langagier.

Pour l'attribution de la note, il manquait six marqueurs de direction pour que le trajet soit correctement effectué. Cela nous donne une note de 4/10.

Analyse des deuxièmes messages

La production des premiers messages nous a montré qu'il y avait un certain écart de niveau entre les élèves. En effet, la classe d'accueil est composée d'élève d'âges et de niveaux de maîtrise du français très différents. Aussi avons-nous choisi de différencier les trajets donnés aux élèves pour cette deuxième production. Un premier parcours était d'une longueur consistante et possédant plusieurs changements de direction (annexe 15) et un deuxième plus court composé d'un seul changement de direction et de deux longues lignes droites (annexe 16).

Messages de l'élève 11

Lors de la première séance, le message de cet-te élève (annexe 17) se trouvait dans la catégorie type 2 utilisant le registre langagier. Cette fois-ci, nous avons un plan de type 2. L'élève 11 avait bien réussi son premier message, ainsi nous lui avons donné le long trajet. La première remarque que nous pouvons faire concerne une difficulté qu'offre le plan pour un tel exercice. En effet, comme il-elle a commencé son message tout en bas de la feuille, après avoir dépassé la pharmacie, il-elle a dû trouver un moyen de continuer son message.

Pour les marqueurs, nous pouvons relever dix marqueurs de direction, six marqueurs de changement de direction et onze marqueurs de position. Parmi les marqueurs de position, il y a les neuf passages piétons, le musée qui indique la position de départ et la station-service. Pour l'évaluation de ce message, nous pouvons, dans un premier temps, constater que la notion de plan est acquise, les exercices donnés lors de la deuxième séance ont servi car l'élève a tenté de reproduire un plan relativement similaire à celui sur lequel le travail avait été effectué. Pour reprendre le trajet suite au manque de place, l'orientation reste la même et permet de reprendre le trajet au bon endroit. Tous les marqueurs sont justes donc 10/10.

Message de l'élève 12

L'élève 12 avait également bien réussi son premier message. Cependant une erreur est intervenue et il-elle a utilisé le trajet le plus court. La catégorie de ce message (annexe 18) reste la même par rapport au premier message, c'est toujours un plan de type 2, les changements de direction sont indiqués par rapport à des points de repère précis. Nous pouvons relever un marqueur de changement de direction, une fois que l'hôpital et les ambulances sont dépassées, il faut tourner à gauche. Il y a six marqueurs de position, les pompiers indiquent la position finale du trajet. Bien que la fin du message ne soit pas très bien indiquée, (le manque de place aurait pu également devenir un souci) les informations nécessaires à la réalisation du trajet de

manière adéquate sont présentes, donc 10/10. Nous pouvons constater que le trajet était bien trop facile pour cet·te élève, avec un tel exercice, nous n'avons pas pu lui faire comprendre les limites de sa production.

Message de l'élève 13

Lors de son premier message, la production de cet·te élève se catégorisait par schéma de type 3. Nous avons toujours une sorte de schéma, mais cette fois-ci nous avons un marqueur de direction, donc le message se situe dans le type 2 (annexe 19). L'indication de tourner à gauche est liée à l'hôpital. Au niveau de la linéarité c'est également plus clair. Le départ est indiqué en bas de la page, donc nous savons que les schémas doivent se lire de bas en haut.

Il y a un marqueur de direction, mais la répétition entre la flèche tournant et l'écriture du mot *left* peut prêter à confusion et faire croire à un·e récepteur·trice qu'il faudrait encore une fois tourner à gauche. L'hôpital sert également de marqueur de changement de direction et nous avons six marqueurs de position avec la fin du trajet qui est bien mentionnée.

Pour l'évaluation de ce message, il manque l'indication de la direction à prendre au départ. En effet, en étant à côté des bus, nous ne pouvons pas voir l'hôpital et nous ne savons donc pas dans quelle direction aller. Mis à part cette erreur, le message est beaucoup plus clair que le premier et cela donne une note finale de 9/10. La répétition de l'indicateur de direction est classée dans la catégorie « pas clair ».

Message de l'élève 14

Le registre langagier du message (annexe 20) est à nouveau utilisé pour cette deuxième production. Concernant le type et la façon dont l'élève se représente le trajet, cela est intéressant de relever l'écriture en télégramme avec la répétition du mot « stop » presque à chaque carrefour. Seulement, ces arrêts sont toujours liés à un point de repère précis (panneau stop, hôpital et pompier). Ainsi, cela nous montre que pour cet·te élève, le trajet est notamment représenté par les points de repère devant lesquels, il·elle passe. Donc ce message a été classé dans la catégorie type 2 de registre langagier.

Les marqueurs de directions sont présents au nombre de quatre, les marqueurs de changements de direction au nombre de trois et enfin, le passage piéton final est un marqueur de position qui indique la fin du trajet. Aucun marqueur ne manque et le message est ordonné implicitement grâce au registre langagier, donc la note finale est de 10/10.

Message de l'élève 15

Message étonnant de la part de cet·te élève et cela pour plusieurs raisons (annexe 21). En effet, son premier message était très bon. Le registre langagier avait été utilisé et le message était de type 2. La note obtenue était de 8/10, ce qui en fait un très bon message. Lors des autres activités, ses résultats étaient également très bons. Pour décrire un trajet oralement à un adulte, les termes directionnels étaient employés de manière adéquate et efficace. Il a donc été très surprenant de découvrir un message de type 1 de sa part. Le registre du schéma est utilisé. Analysons tout de même en détail ce message. Nous comptons neuf marqueurs de position. Pour un message en schéma, il est bien ordonné, nous avons trois lignes dont la lecture se fait de gauche à droite. Au début du trajet, l'indication de l'ordinateur nous indique qu'il faut continuer tout droit, mais nous ne savons pas véritablement de combien de carrefours avancer. Le dessin de la boulangerie, nous incite à la rechercher et nous pouvons l'apercevoir au loin sur la gauche. Pour la pharmacie, il faut connaître son emplacement au préalable pour savoir qu'il faut à nouveau tourner à gauche et à quelle intersection ce changement de direction a lieu, car depuis la boulangerie, elle est difficilement visible. Le magasin de légumes prête à confusion : Est-ce qu'il faut tourner à droite ou continuer tout droit ? Le marqueur suivant, à savoir la pizzeria, répond difficilement à cette question car l'angle de vision pour la voir depuis le carrefour est très faible. Ensuite, la police et le bowling, nous indiquent, cette fois-ci, sans équivoque la rue à prendre. Le magasin 24/7 est un mauvais marqueur de position car il se trouve sur la droite alors que le trajet part à gauche. Le fait de le mentionner incite le·la lecteur·trice à aller dans la mauvaise direction. Enfin le passage piéton final est également un mauvais marqueur car il y a beaucoup de passages piéton dans ce quartier dans la ville et il est impossible de savoir lequel est représenté.

Pour le décompte des points, nous avons un point en moins pour la distance mal indiquée au début du trajet et autre point en moins pour la même raison mais au niveau de la boulangerie. Ensuite, le magasin de légumes et la pizzeria sont considérés comme n'étant « pas clairs », donc également un autre point en moins. Le 24/7 et le passage piéton sont considérés comme faux donc moins deux points, ce qui nous fait un total de 5/10.

Les élèves 16 et 17 étaient malheureusement absent·e·s lors de la dernière séance, il·elle·s n'ont, ainsi malheureusement, pas pu effectuer de deuxième production.

Bilan de l'expérimentation en classe d'accueil

Plusieurs remarques peuvent être faites par rapport à cette expérimentation. Pour ma part, c'était la première fois que je devais mener une expérimentation et cela fut une expérience précieuse pour ma future carrière en tant que didacticien des mathématiques mais également en tant qu'enseignant. Je remercie encore les membres de l'équipe DiMaGe pour leur aide précieuse dans la préparation et dans la mise en place de l'expérimentation. Avant que les élèves entrent en classe, les ordinateurs avec les manettes devaient être prêts, pour éviter la panne de batterie, tous les ordinateurs étaient en charge pendant les passations. Les élèves étaient également équipés d'une caméra frontale, dont les données devaient être récupérées en fin de séances. Cela m'a permis de me rendre compte de tous ce qu'un·e chercheur·se doit penser lors de la conception d'une recherche.

Dans cette expérimentation, je me trouvais avec la double responsabilité d'enseignant et de chercheur à la fois. Cela offre des avantages mais également des inconvénients. Parmi les avantages, le fait de connaître les élèves au préalable, offre une aide pour l'analyse des situations. Cela permet également d'offrir une différenciation adéquate en fonction des besoins de chacun·e·s. Par contre, le fait de devoir également gérer le bon déroulement des séances et la discipline de la classe, ne me permettait pas d'avoir le recul nécessaire pour analyser certaines situations. Je n'avais pas non plus une vision d'ensemble de la classe pour observer tout ce qui se passait.

L'articulation entre apprentissage du français langue seconde et les connaissances spatiales a posé certaines difficultés. En effet, certains termes de vocabulaire ne devaient pas être travaillés trop en amont des séances car cela aurait cassé les difficultés auxquelles nous voulions que les élèves soient confrontés. Notamment, dans la méthode *Les loustics*, des exercices oraux de descriptions d'itinéraires, en duo, étaient proposés. Le fait d'être chercheur et enseignant fut ainsi un avantage car j'ai pu choisir précisément les exercices à travailler pour développer le vocabulaire en fonction de l'avancée du projet.

Sur le plan des apprentissages, nous avons pu constater grâce la comparaison entre la première et la deuxième production de message, que les élèves ont progressé. Leurs connaissances spatiales se sont développées lors des séances d'apprentissages et nous avons vu des productions plus abouties lors de la dernière activité. Au niveau du français, les activités proposées ont offert des situations de communication propice à l'apprentissage. Sur ce domaine, je peux citer les progrès de l'élève 17, qui parlait très peu en début d'année et qui lors

de l'activité de communication à un adulte a réussi à décrire à l'oral le trajet avec une très bonne précision. Ces situations de communication avaient du sens pour les élèves. Elles étaient également aidées par l'aspect motivant qu'offraient les ordinateurs. Chaque élève avait, en quelque sorte, la chance d'avoir son ordinateur pour travailler. Plusieurs mois après l'expérimentation un élève m'a demandé quand est-ce que nous allons retravailler avec les ordinateurs. Preuve qu'il-elle-s ont apprécié le travail effectué.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons, dans un premier temps regardé les résultats obtenus avec les classes de 4P et de 5P ayant bénéficié du projet Spageo. Ensuite, nous avons vu ce que cela pouvait donner dans un contexte différent, celui de la classe d'accueil. Dans les deux cas, nous avons pu voir, par l'analyse des productions écrites, que les activités proposées ont amené les élèves à progresser au niveau de leurs connaissances spatiales. Comme il a déjà été dit précédemment, l'aspect motivationnel est très fort dans ce projet. Les élèves ont appris et il-elle-s ont également eu majoritairement du plaisir à effectuer ses activités. La question de la suite du projet est donc à se poser. Comment rendre ces ingénieries didactiques accessibles à toutes les classes de primaire ? Pour l'instant cela est compliqué, la plupart des classes sont munies d'un seul ordinateur, parfois de quelques tablettes numériques. Dans notre cas, les enfants avaient chacun-e un ordinateur personnel pour travailler le temps de la leçon. L'intégration récente de l'éducation numérique comme domaine disciplinaire dans le PER permettra-t-elle la possibilité de voir ses séances d'enseignements disponibles pour la majorité des élèves ? Cela serait l'objectif à plus ou moins long terme.

Bibliographie

- Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherche en Didactique des Mathématiques*.
Equipe DIDIREM, Université de Paris 7, 9(3), Article 3.
- Berthelot, R., & Salin, M.-H. (1992). *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la
scolarité obligatoire*. Université de Bordeaux I.
- Berthelot, R., & Salin, M.-H. (1993). L'enseignement de la géométrie à l'école primaire.
Grand N, 53, 39-56.
- Brousseau, G. (1983). Étude des questions d'enseignement, un exemple : La géométrie.
Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique, 45, 183-226.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée Sauvage.
- Denis, M. (1997). *Langage et cognition spatiale*. Masson.
- Denis, M. (2016). *Petit traité de l'espace : Un parcours pluridisciplinaire* (Mardaga).
- Dorier, J.-L. (2010). L'analyse a priori : Un outil pour la formation d'enseignants—exemple
d'un jeu issu des manuels suisses romands de première année primaire. In P. Danos
(Ed.), *L'enseignement des mathématiques à l'école : Où est le problème. Actes du
XXXVIème colloque international des formateurs de professeurs des écoles en
mathématiques, 80-92.*
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la
pensée. *IREM de Strasbourg, 5(1), 37-65.*
- Matri, S. (À paraître). *Enseigner et apprendre le repérage dans l'espace à l'aide d'une ville
virtuelle pour des élèves de 7 à 10 ans à Genève*. Doctorat de l'université de Genève
en cours.
- Nys, M. (2015). *Développement des représentations spatiales d'itinéraires virtuels :
Composantes cognitives et langagières*. [Thèse de doctorat, Université Sorbone].

Pazzaglia, F., & Taylor, H. A. (2007). Perspective, instruction, and cognitive style in spatial representation of a virtual environment. *Spatial Cognition and Computation*, 7(4), 349-364. <https://doi.org/10.1080/13875860701663223>

Annexe

Annexe 1

Séance 7-a)

Scénario :6-Barrières Barrières-3

Certaines indications du plan ont été effacées. Retrouve-les en utilisant la ville virtuelle et note tes réponses en face de chaque numéro.

START : Commencer B : Fermer la fenêtre de consignes D : Retour au point de départ



- 1 -----
- 2 -----
- 3 -----
- 4 -----
- 5 -----
- 6 -----
- 7 -----
- 8 -----
- 9 -----
- 10 -----

Séance 7-b)

Si tu pars de 10 pour aller à 7, quand tu passes devant 9, il est à ta droite ou à ta gauche ? _____

Si tu pars de 6 pour aller à 1, quand tu passes devant 3, il est à ta droite ou à ta gauche ? _____

Si tu pars de la mer pour aller au parking, quand tu passes devant le marchand de fromage, il est à ta droite ou à ta gauche ? _____

Si tu pars de la gare, pour aller au lac, quand tu passes devant la supérette (24/7), elle est à ta droite ou à ta gauche ? _____

Es-tu retourné(e) dans la ville pour répondre aux questions ? _____

Séance 7-c)

Scénario :8- Route8-2

Voici 3 photos prises dans la ville. À l'aide du plan, rejoins ces 3 lieux dans la ville, dans l'ordre, en utilisant le trajet le plus court. Tu dois voir la même chose que sur la photo. Une fois arrivé devant un lieu, valide ta position en appuyant sur C. Tu peux dessiner le trajet sur le plan pour t'aider.

START : Commencer B : Fermer la fenêtre de consignes C : Validation de la position



HÔTEL



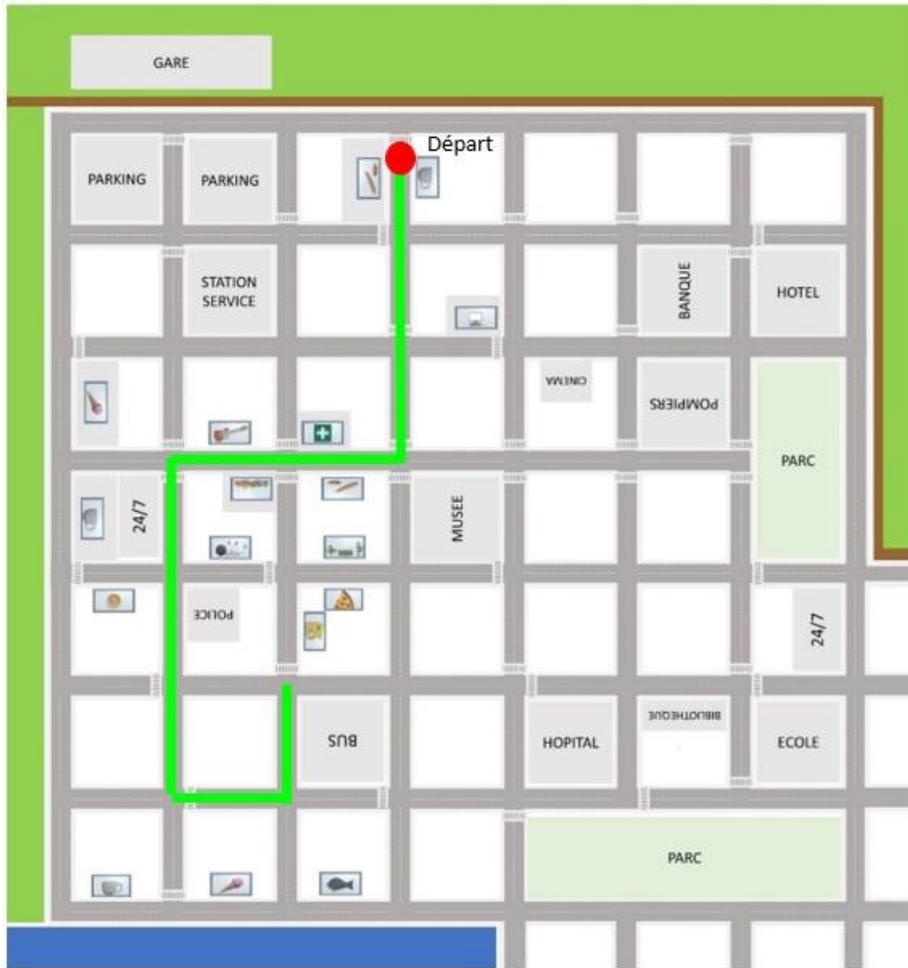
MUSÉE



ÉCOLE



Annexe 2



Annexe 3

Séance 1-a)

Séance 1 : Exploration et découverte de la ville

Route : 3-3

Suis le trajet dans la ville et réponds aux questions suivantes.

A côté de combien de voitures est-ce que tu es passé ?



Vrai ou faux :

Le stand de hot dog est à côté d'un arrêt de bus.

Le stand de hot dog est devant le supermarché 24/7.

Le magasin de musique est à côté de la pharmacie.

Dessine un objet que tu as vu sur le trottoir et indique ce que c'est.

Annexe 4

Séance 1-b)

Séance 1 : Exploration et découverte de la ville

Route : 3-3

Souviens-toi du trajet que tu viens de faire et réponds aux questions suivantes.

Est-ce que tu es passé devant les magasins suivants ?

Entoure ceux que tu as vu pendant ton trajet.



Est-ce que tu as vu les voitures de police depuis la gauche ou la droite ?

Entoure la bonne image.



A ce carrefour, est ce que tu es allé : à gauche ? tout droit ? à droite ?

Ecris à côté de chaque image la bonne direction.









Annexe 7

Unité 3

Leçon 2

Où est la boulangerie ?

1 Écoute et montre.

2 Écoute et réponds : « Tu es où ? »

3 Écoute la chanson « Le boogie-woogie » et chante.

24

Va tout droit. Tourne à gauche. Traverse sur le passage piéton.
Tourne à droite et tu es à la boulangerie !

Annexe 8

Projet SPAGEO
Classe – ECA

Prénom :

N° élève : 11

Séance message 1 – Route 3-3

N° PC : 08

Mon message

tout droit, jusca hoggog, et promere
l'arbre, apre ont va droite, tout droit jusca
magasin 247, tout droit jusca 3eme zebre,
toi va gauche, jusca les bus et tu va
gauche, et com tu voi la zebre tu arrette,

Annexe 9

Projet SPAGEO
Classe – ECA

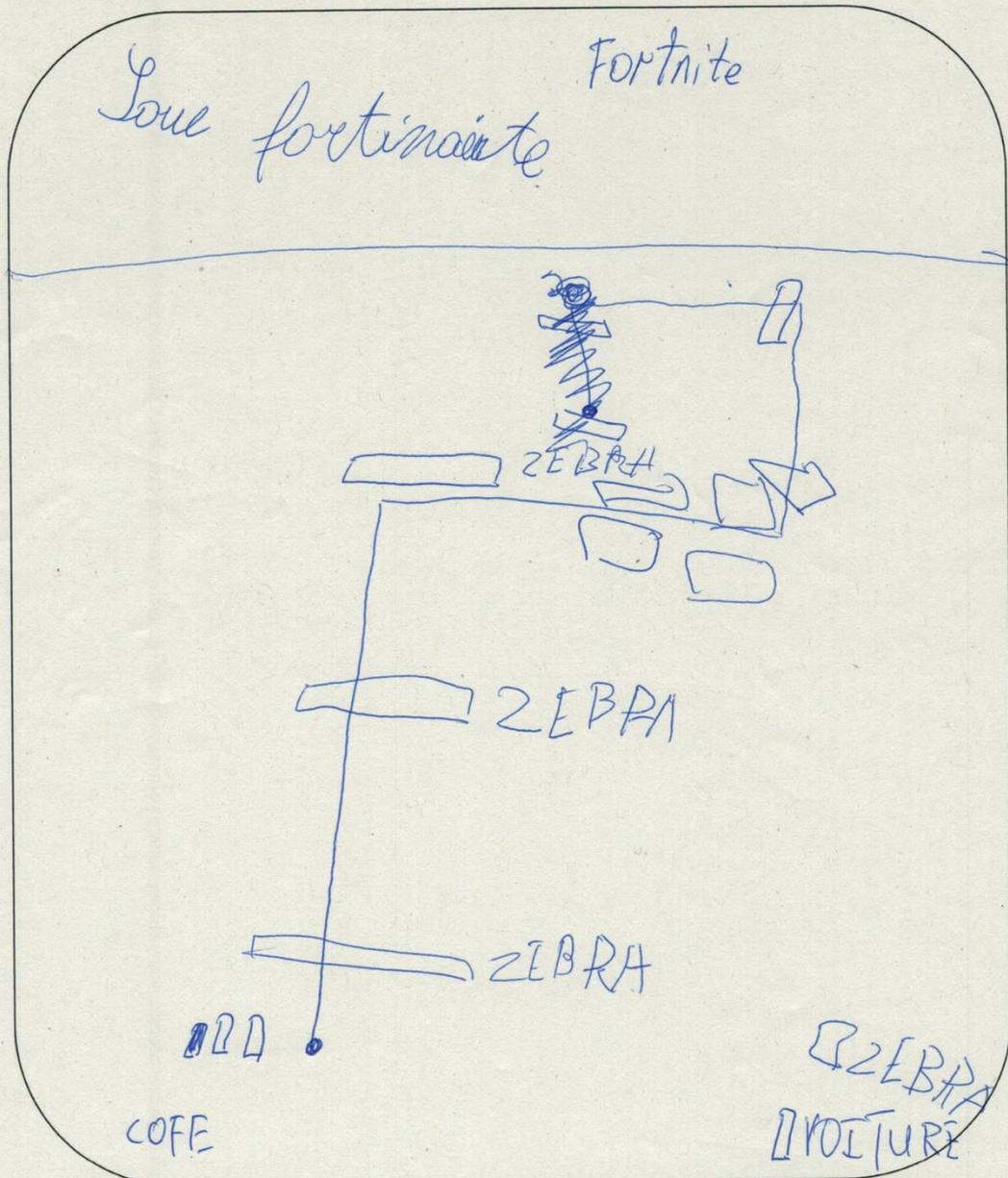
Prénom : [REDACTED]

N° élève : 12

Séance message 1 – Route 3-3

N° PC : 01

Mon message



Annexe 10

Projet SPAGEO
Classe – ECA

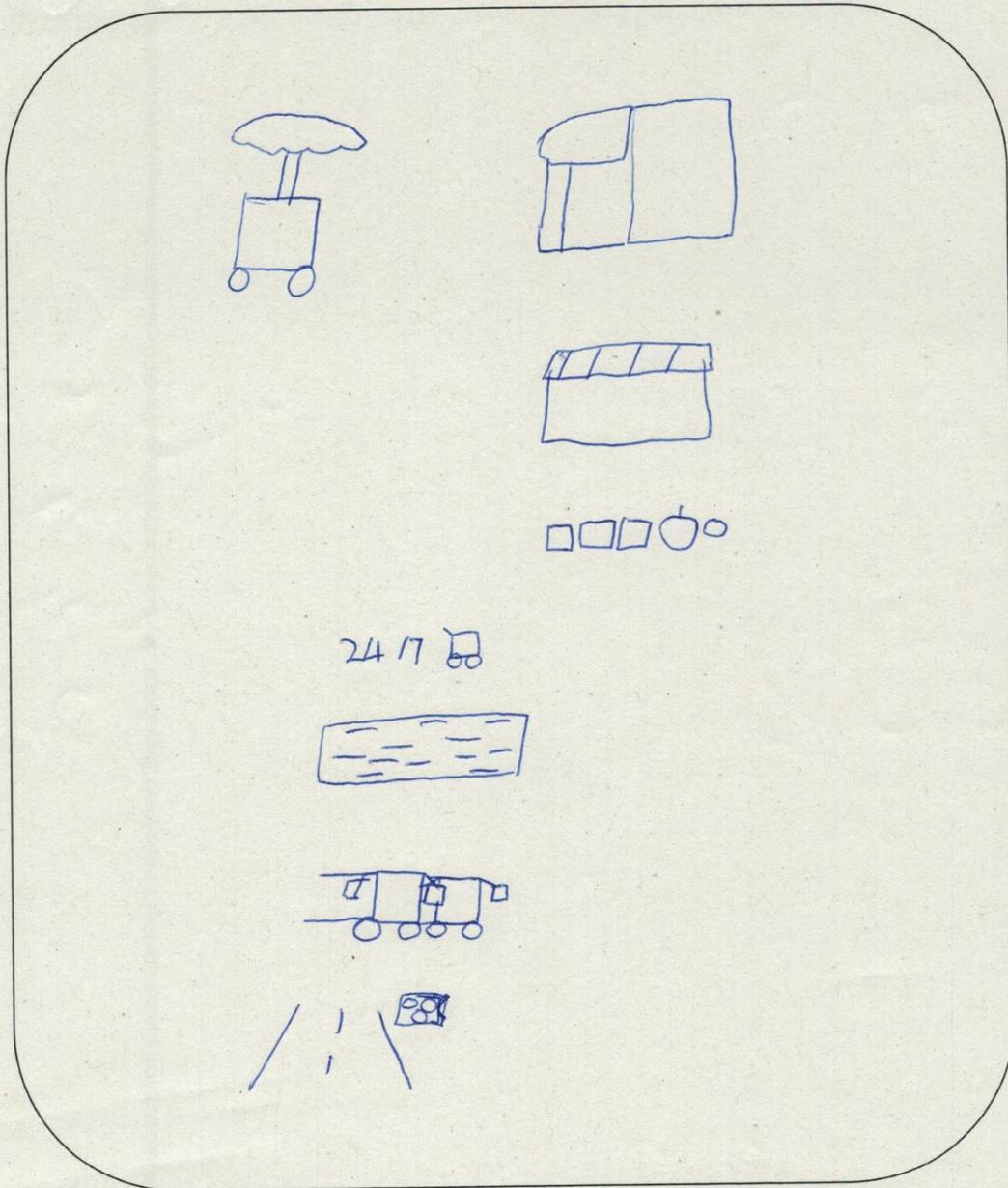
Prénom :

N° élève : 13

Séance message 1 – Route 3-3

N° PC : 13

Mon message



Annexe 11

Projet SPAGEO
Classe – ECA

Prénom : _____

N° élève : 14

Séance message 1 – Route 3-3

N° PC : 09

Mon message

~~stop~~ ~~at~~ ~~a~~
~~follow~~ ~~Hot~~ ~~dog~~ stand
go ~~stairh~~ straight stop take a right
go straight find supermarche.24/7
go straight go in the middle of
the third building and the fourth
buildin take a left. stop where
there are buses.

Annexe 13

Projet SPAGEO
Classe – ECA

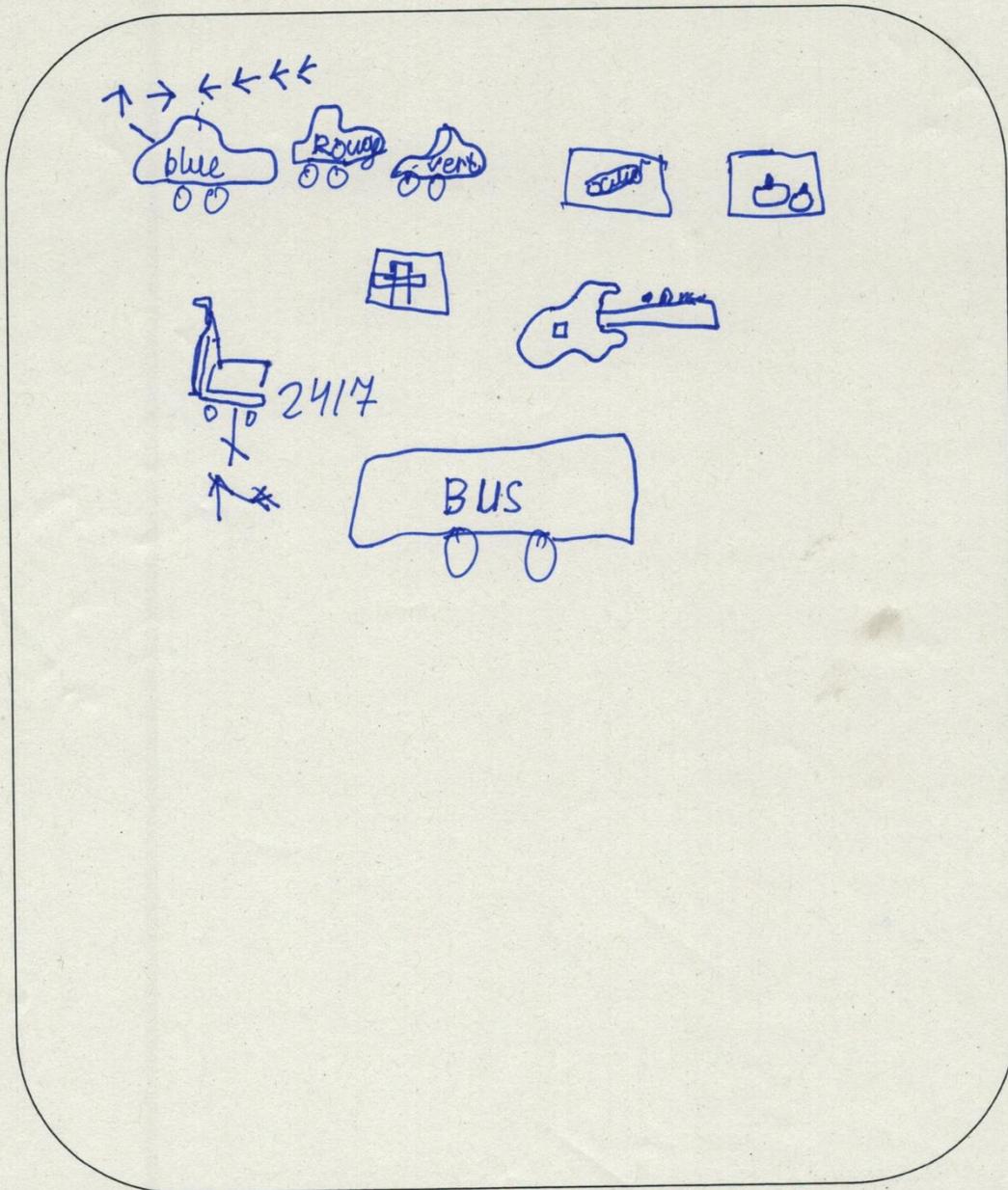
Prénom : _____

N° élève : 16

Séance message 1 – Route 3-3

N° PC : 19

Mon message



Annexe 14

Projet SPAGEO
Classe – ECA

Prénom : _____

N° élève : 17

Séance message 1 – Route 3-3

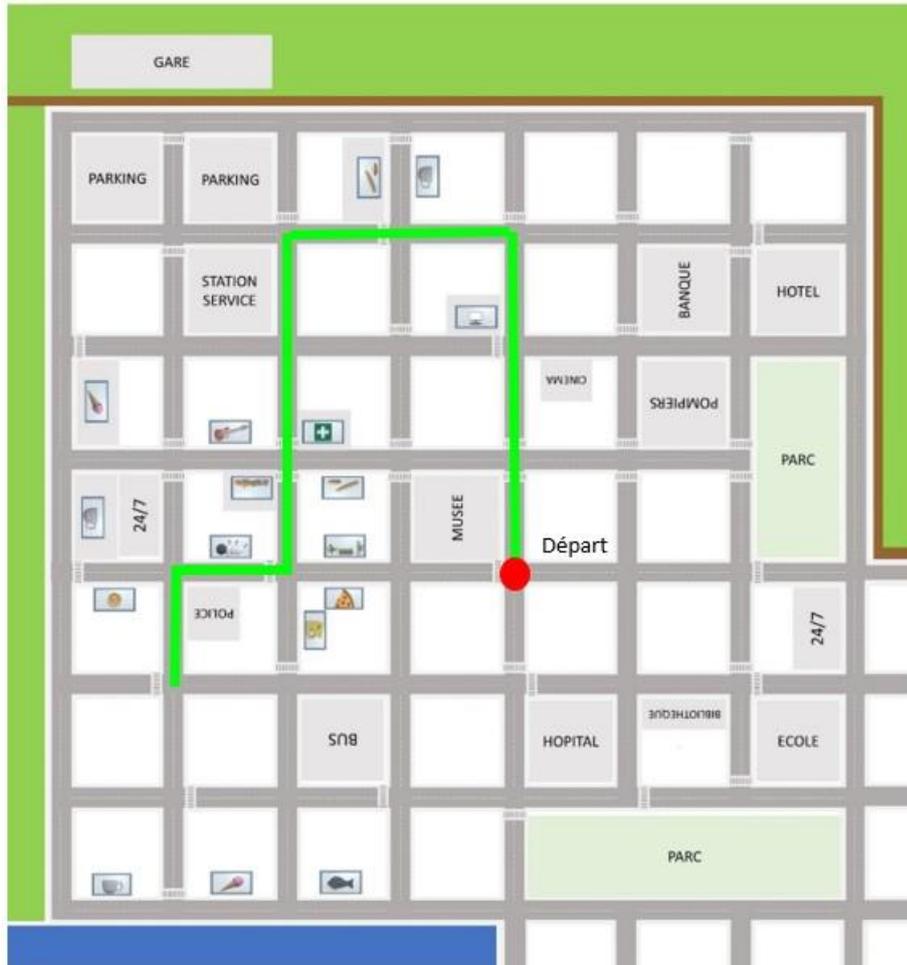
N° PC : 20

Mon message

*Il g-ist, ^{temp. avait} la g-oché.
g-ohé, si?*

24/19

Annexe 15



Annexe 16



Annexe 17

Projet SPAGEO
Classe – ECA

Prénom : _

N° élève : 11

Séance message 1 – Route 5-1

N° PC : 08

Mon message



Annexe 18

Projet SPAGEO
Classe – ECA

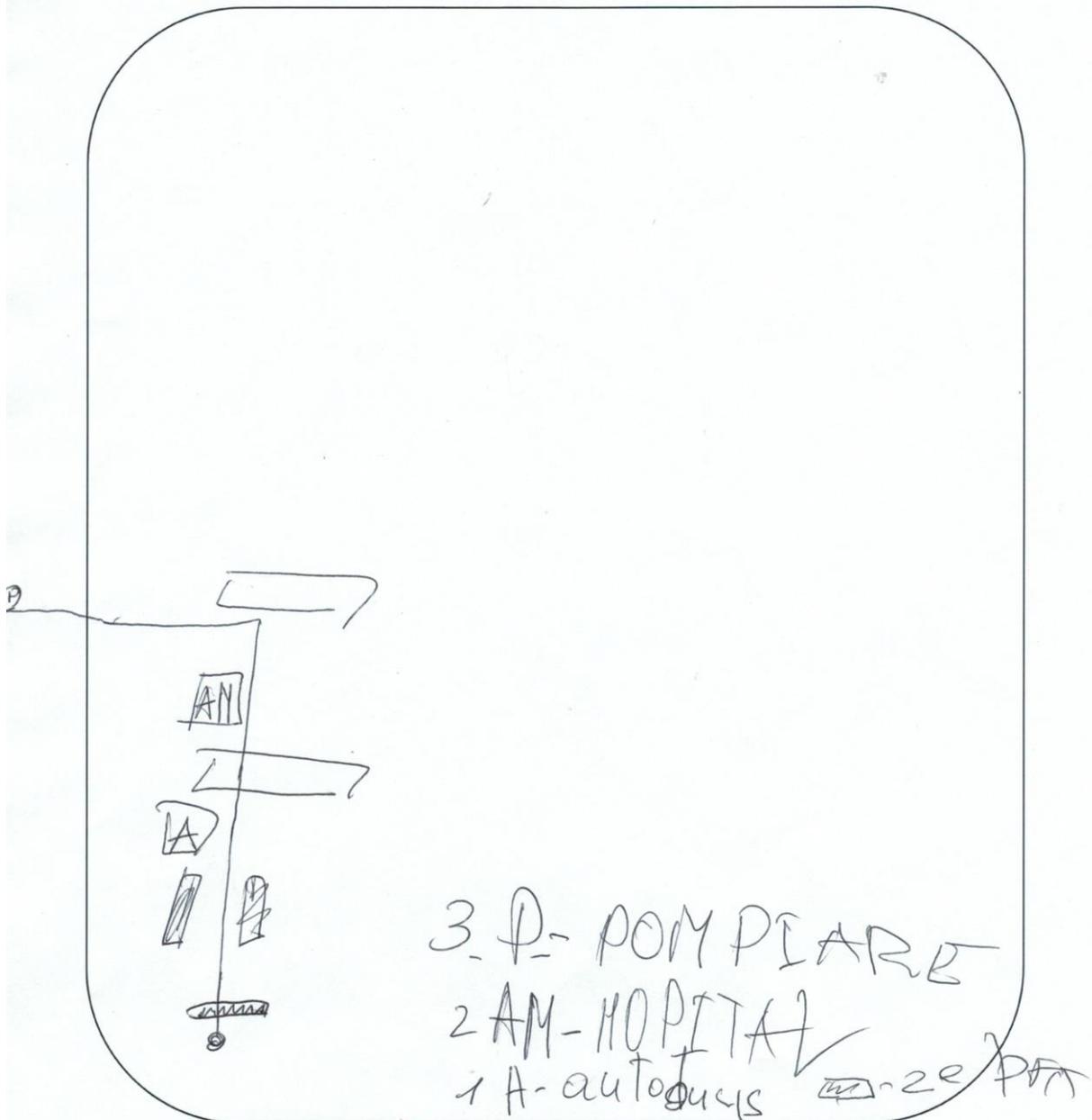
Prénom : _

N° élève : 14

Séance message 1 – Route 5-3

N° PC : _____

Mon message



Annexe 19

Projet SPAGEO
Classe – ECA

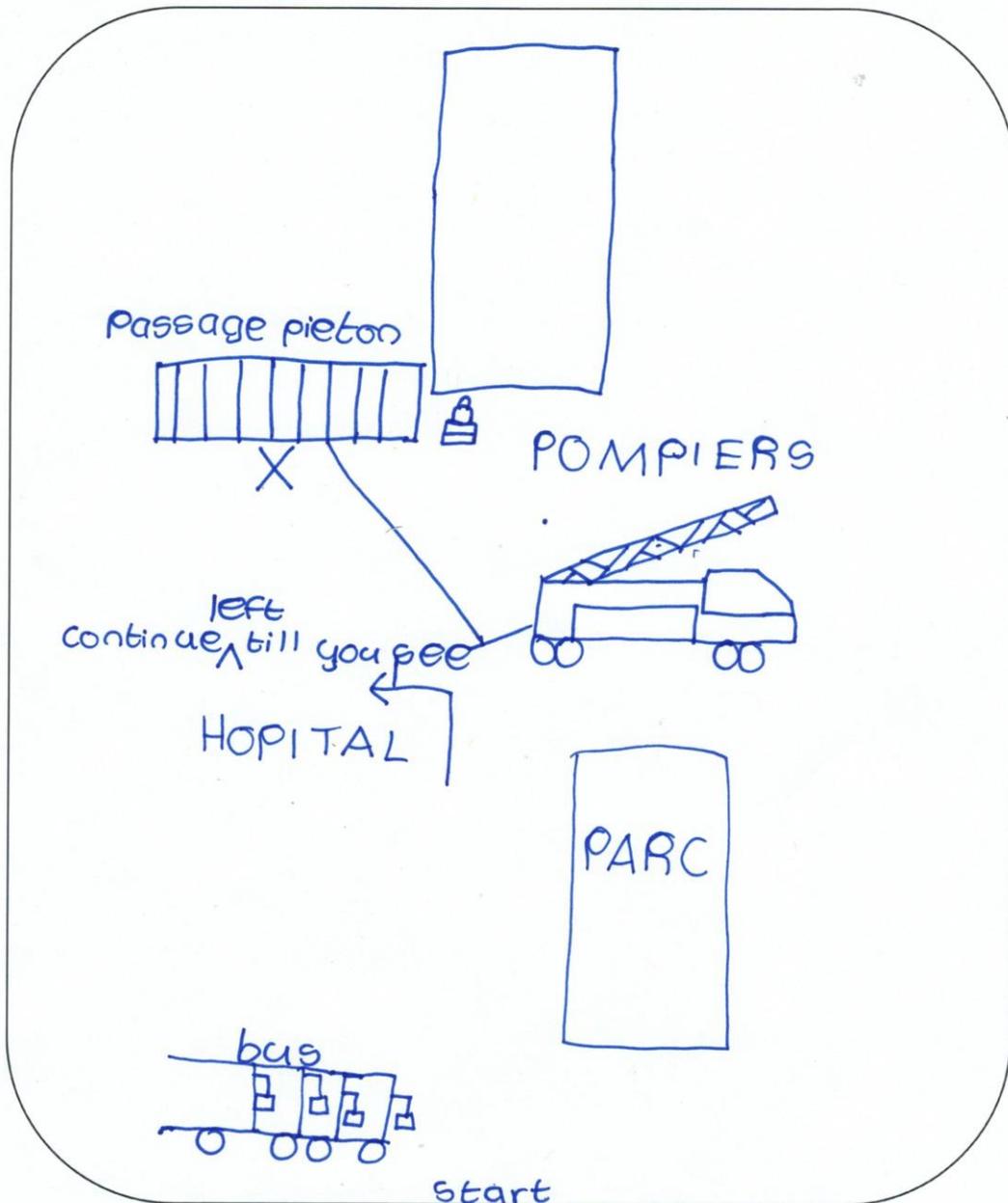
Prénom : _

N° élève : 13

Séance message 1 – Route 5-3

N° PC : 13

Mon message



Annexe 20

Projet SPAGEO
Classe – ECA

Prénom : _

N° élève : 14

Séance message 1 – Route 5-3

N° PC : _____

Mon message

Go straight stop at a stop sign go
straight stop ^{before} ~~at~~ hospital go straight
stop turn left go straight continue stop
at pompiers stop at passage piéto.

Annexe 21

Projet SPAGEO
Classe – ECA

Prénom : _

N° élève : 15

Séance message 1 – Route 5-1

N° PC : 02

Mon message

