



**HAL**  
open science

# Développement des compétences en repérage dans l'espace par l'apprentissage du jeu d'échecs et la consolidation des fonctions exécutives

Margot Dalisson, Marie-Nathalie-Anne Rondof

► **To cite this version:**

Margot Dalisson, Marie-Nathalie-Anne Rondof. Développement des compétences en repérage dans l'espace par l'apprentissage du jeu d'échecs et la consolidation des fonctions exécutives. Education. 2019. dumas-02440271

**HAL Id: dumas-02440271**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02440271>**

Submitted on 15 Jan 2020

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

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



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

**MASTER MEEF mention 1<sup>er</sup> degré**  
**« Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation »**  
**Mémoire de 2<sup>ème</sup> année**  
**Année universitaire 2018 - 2019**

**DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES EN REPÉRAGE DANS  
L'ESPACE PAR L'APPRENTISSAGE DU JEU D'ÉCHECS ET LA  
CONSOLIDATION DES FONCTIONS EXÉCUTIVES**

**Margot DALISSON**  
**et**  
**Marie-Nathalie-Anne RONDOP**

Directeur du mémoire : Madame Sandrine BAZILE  
Tuteur : Monsieur Michael PARDON  
Assesseur : Madame Laure ROUCAYROL

Soutenu le 29 mai 2019

## **Remerciements**

Nous souhaitons avant tout remercier notre tuteur de mémoire Monsieur Michael PARDON, qui a accepté de nous suivre lors des recherches jusqu'à notre soutenance. Il a été très disponible, nous a beaucoup encouragé et aidé durant la rédaction de ce mémoire.

Nous remercions également notre directrice de mémoire Madame Sandrine BAZILE principalement pour son aide dans la méthodologie.

Nous pensons également dans nos remerciements à Madame Laure ROUCAYROL, directrice de l'école élémentaire G. D., qui s'est proposée pour assister à notre soutenance, en tant qu'assesseur.

Et bien entendu, nous n'oublions pas l'ensemble des élèves qui ont participé avec joie à toutes les activités que nous avons menées au cours de cette année.

## Résumé

La notion d'espace est très vaste et de nombreuses définitions ont été proposées par les auteurs jusqu'alors. Elle peut être objective ou bien au contraire subjective et dépendre des interactions qu'élabore un individu avec son environnement. L'appréhension de l'espace dépend du développement de l'enfant et évolue avec lui. À l'école, cette notion, présente dans toutes les disciplines, est primordiale et se complexifie au cours des années. Se repérer dans l'espace nécessite un ensemble d'habiletés, comme se situer, s'orienter, se déplacer ou déplacer un objet, dans un environnement. Ces différentes qualités font appel aux fonctions exécutives, que sont la mémorisation, la planification, l'inhibition et la flexibilité cognitive. L'hypothèse ici est qu'en développant ces fonctions exécutives chez les élèves, il est possible de faire évoluer leurs compétences en repérage dans l'espace. Le transfert de ces compétences d'un domaine à un autre n'étant pas évident pour les élèves, il nécessite d'être abordé par une pédagogie explicite, ainsi que d'être fortement verbalisé. Au cours de ce mémoire, les jeux d'échecs nous ont servi de support et ont permis aux élèves de développer leurs fonctions exécutives, en prenant conscience de leur transférabilité dans les autres domaines.

**Mots-clés** : jeux d'échecs, repérage dans l'espace, fonctions exécutives, métacognition, verbalisation, pédagogie explicite, statut de l'erreur, sécurité de l'apprenant, co-éducation.

# Sommaire

## Remerciements

## Résumé

<b>Introduction</b> .....	1
<b>I. Le repérage dans l'espace dans les programmes</b> .....	5
<b>II. Le développement de la représentation de l'espace chez l'enfant</b> .....	12
<b>A. Selon Jean Piaget</b> .....	12
<b>B. Selon Liliane Lurçat</b> .....	14
<b>C. Selon Guy Brousseau</b> .....	14
<b>D. Selon Abraham Moles</b> .....	16
<b>E. Les fonctions exécutives</b> .....	17
<b>III. Le principe du projet</b> .....	20
<b>A. Les activités mises en place avec les élèves</b> .....	20
a. Le jeu d'échecs .....	20
b. Les situations décontextualisées .....	22
<b>B. La verbalisation, un enjeu primordial : pédagogie explicite, métacognition et évaluation</b> .....	33
a. Explicitation et métacognition avec les élèves .....	33
b. L'évaluation.....	34
c. Comment les élèves font-ils le lien entre les activités et disciplines ? .....	34
<b>IV. Analyse du travail effectué : adaptations, difficultés et prolongements</b> .....	37
<b>A. Le rôle du professeur des écoles</b> .....	37
<b>B. Contrôle, pilotage et lâcher prise</b> .....	37
<b>C. Enseignement, accompagnement et verbalisation</b> .....	38
<b>D. Adaptation des contenus et aménagement de l'espace de la classe</b> .....	39
<b>E. Prolongements</b> .....	40
1. Du point de vue des activités .....	40
2. Du point de vue du temps de récolte des données .....	42
3. Du point de vue de l'implication des parents et des partenaires.....	42
<b>Conclusion</b> .....	44
<b>Bibliographie</b> .....	46

## Introduction

La notion de l'espace est complexe et touche de nombreuses disciplines. Du latin *spatium*, lui-même polysémique, ce terme désigne à la fois une région, une surface occupée par un objet, ou séparant deux objets, une étendue sensible ou non.

Appréhender l'espace est essentiel pour tout individu et permet à chacun d'évoluer dans, et avec le monde qui l'entoure. Les pratiques et conditions de vie liées à la position des individus et des groupes les uns par rapport aux autres constituent la spatialité, et contribuent à déterminer les interactions sociales de ces groupes, dont l'intensité varie en fonction des différentes situations géographiques (Elissalde, 2004).

En géographie, un point, ou un espace donné, possède différents systèmes de référence. Une première perception de l'espace est cartésienne et adopte le point de vue d'un observateur extérieur qui examine le monde de manière rationnelle. Ici, tous les points sont équivalents et possèdent un ensemble de coordonnées terrestres (Moles et Rohmer, 1998) : une latitude, une longitude et une altitude propres. C'est l'espace de localisation, une vision objective de celui-ci (Elissalde, 2004), où il est réduit à une configuration géométrique caractérisée par un système de coordonnées arbitraires (Moles et Rohmer, 1998). Une seconde perception de l'espace correspond à un individu éprouvant son rapport et ses interactions avec l'environnement. L'être est alors au centre du monde, qui s'étend tout autour de lui (Moles et Rohmer, 1998). L'espace peut donc subir des variations subjectives et culturelles, comme le décrit Abraham Moles, qui le décompose en coquilles concentriques, où, plus l'espace est éloigné de l'individu, moins il lui est familier (Elissalde, 2004). Ce mathématicien prend alors en compte la subjectivité et donc la dimension affective de l'espace vécu pour exposer une théorie psychologique s'articulant autour de deux thèmes : la fixation de l'être dans l'espace et sa relation avec les autres (Moles et Rohmer, 1998).

Pour l'élève, l'appréhension de l'espace est une étape essentielle afin d'instaurer un cadre dans lequel les connaissances vont pouvoir s'organiser, se développer et se complexifier. Cette appréhension passe par une structuration de celui-ci, c'est-à-dire le développement d'une habileté spatiale, d'un ensemble de capacités permettant de se repérer dans l'espace : se situer, s'orienter, se déplacer ou déplacer un objet, dans son environnement, dans un environnement proche ou lointain, dans un monde réel ou imaginaire (Duroisin, 2015).

Ces capacités nécessitent des compétences spatiales. Or ces compétences ne sont pas innées, mais s'acquièrent tout au long de la vie et doivent être sollicitées pour permettre leur développement. Elles sont également liées au développement psychomoteur de l'enfant, à sa maturation physiologique et au développement de la structuration du temps, comme le décrit Piaget en montrant que, selon l'âge des individus, il existe une évolution d'un espace subi à un espace conçu.

À l'école, l'appréhension de l'espace se retrouve dans toutes les disciplines, notamment en élémentaire, en géométrie, dans questionner le monde, en EPS, mais aussi en lecture, en écriture, et dans toutes les disciplines artistiques. En cela, le repérage dans l'espace constitue un point très important des programmes.

Il est donc intéressant de travailler au développement de ces compétences, afin de favoriser les apprentissages des élèves. Même si, dès le plus jeune âge, les enfants expérimentent pour se familiariser avec l'espace et développent des repères spatio-temporels, la notion d'espace est en construction et doit être régulièrement accompagnée. Les compétences travaillées vont également être importantes pour chaque élève, dans sa vie de futur citoyen. En effet, dans une ère où la technologie omniprésente, permet de faciliter les échanges, la prise d'informations et les déplacements, nous avons tendance parfois à nous laisser guider, et à moins réfléchir et donc moins utiliser nos compétences. Pour se déplacer d'un endroit à un autre par exemple, nous avons tendance à nous laisser guider par le GPS plutôt que de prendre des repères spatiaux pour réussir à s'orienter et se déplacer. Or, le rôle de l'école est de former des citoyens lucides, éclairés et autonomes. Il ne s'agit donc pas de se passer de ces technologies, mais de s'en servir de manière éclairée, en donnant la possibilité aux élèves de pouvoir s'en passer. Pour se faire, il devra identifier les informations, les analyser et prendre des décisions, autant dans l'espace géographique, que dans l'espace des données.

Ce traitement des informations implique des tâches réalisées par les fonctions cognitives, elles-mêmes régies par les fonctions exécutives. Cependant, nous ne naissons pas avec celles-ci, mais avec un potentiel à les développer au travers des interactions et de la pratique. Celles-ci peuvent être entraînées sous certaines conditions (Diamond et Lee, 2011). D'après le Centre de Développement des Enfants de l'Université d'Harvard, il est possible de favoriser et de renforcer les fonctions exécutives au travers des activités et jeux proposés aux enfants, adaptés en fonction de l'âge (INSERM, 2013).

Dès son plus jeune âge, à partir de son vécu et de ses observations, l'enfant se construit des représentations du monde dans lequel il vit et développe peu à peu ses fonctions réflexives. Il apprend principalement en jouant, par observation et imitation : il joue des scènes qu'il a vécues ou observées dans sa propre vie en intégrant petit à petit les règles et les codes du fonctionnement de la société. Par

le plaisir suscité, le jeu associe « la richesse des expériences vécues » à des émotions positives. Cet ancrage favorise la mémorisation et son réinvestissement au service de nouvelles expériences de jeu ou d'apprentissage. L'intitulé « jouer et apprendre », présent dans les programmes de maternelle, positionne clairement le jeu comme une expérience en soi, mais aussi comme une des bases sur lesquelles des apprentissages se construiront et auront du sens.

Le ministère de l'éducation nationale (2013) dans la loi d'orientation et de programmation du 8 juillet 2013 pour la refondation de l'École de la République, ainsi que de nombreux textes récents, dont principalement le rapport Villani et Torossian (2018), tentent de « rénover l'image des mathématiques ». Pour cela, de nouvelles méthodes d'enseignement des mathématiques sont proposées. Celles-ci s'appuient sur des programmes en phase avec leur temps et permettraient d'atteindre la réussite de tous les élèves. Dans cet objectif, une convention-cadre a été établie en février 2017 entre le ministère de l'éducation nationale, représenté par Najat Vallaud-Belkacem, et la Fédération Française des Échecs (Vallaud-Belkacem et Kouatly, 2017). Cette convention met en avant le côté ludique, sportif et intellectuel des jeux d'échecs, qui serait un réel vecteur de formation en favorisant l'autonomie des élèves. Ces jeux à règles développent la mémoire, le raisonnement logique, la capacité d'abstraction, l'analyse de problème et la mise en œuvre de stratégies de résolution, qui sont des capacités importantes à développer chez les enfants, dès le plus jeune âge, comme l'indiquent Darken et Peterson (2002).

Les habiletés spatiales sont dirigées par les fonctions exécutives pouvant elles-mêmes, très tôt, être développées par le jeu. De nombreux textes mentionnent le jeu d'échecs comme pouvant être un outil intéressant dans le développement des fonctions exécutives et notamment pour la mémorisation, l'inhibition, la planification et la flexibilité cognitive. En cela, il semble intéressant d'analyser  **dans quelle mesure l'apprentissage du jeu d'échecs peut favoriser le développement des compétences en repérage dans l'espace.**

Ce mémoire s'appuie sur une classe de CE2 de S. H. (Pyrénées Orientales), où des difficultés en repérage dans l'espace ont été repérées dès le début de l'année. Parmi celles-ci, on constate des problèmes de **lecture** et **d'écriture** : saut de ligne ou relecture de la même ligne, difficulté à former correctement les lettres. Certains élèves ont du mal à gérer les espaces de la page, du cahier, ou ont des difficultés à se repérer dans les tableaux, notamment les tableaux à double entrée. On constate également des **problèmes organisationnels** et **relationnels** : une mauvaise gestion de l'espace personnel (bureau ou casier), des objets qui tombent de la table, des chocs involontaires en cours de récréation, des pertes d'objets. En **géométrie**, les élèves ont du mal à réaliser des tracés et à



planifier dans le temps et l'espace la construction d'une figure. En effet, ils sont souvent pressés et réalisent des tracés imprécis. Lorsqu'il leur est donné un énoncé de construction d'une figure géométrique, ils peuvent omettre des détails (la longueur d'un segment par exemple) et ne pas faire de lien entre les différents points de l'énoncé. Ils visualisent chaque donnée indépendamment et ne recourent pas les informations, ils ne voient pas la figure dans sa globalité. Il en est de même en **résolution de problèmes** où les élèves ont tendance à prendre toutes les informations données par un énoncé au lieu de les analyser et ne sélectionner que les informations importantes, ou au contraire, ne pas tenir compte d'une information importante qui change toute la portée du problème. Un élève est également atteint de dyspraxie.

L'apprentissage du jeu d'échecs permettrait le développement des habiletés spatiales dans le sens de la définition de Darken et Sibert (1996), par un travail sur les fonctions exécutives que sont la **mémorisation**, la **flexibilité cognitive**, l'**inhibition** et la **planification**, nécessaires au repérage dans l'espace. Le transfert des compétences travaillées du jeu d'échecs vers le repérage dans l'espace implique une explicitation de celles-ci, pour l'enseignant comme pour les élèves. Il implique également un travail régulier, ainsi qu'une décontextualisation et recontextualisation de ces compétences.

## I. Le repérage dans l'espace dans les programmes

Au cycle 1, l'objectif est de **faire l'expérience de l'espace** et de **le représenter**. L'enfant va alors commencer à construire la latéralité acquérir un langage spécifique. Ses actions dans l'espace, ainsi que le vocabulaire spécifique, vont lui permettre de construire des repères spatiaux et d'élaborer des stratégies diverses (Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, 2015a).

Le cycle 2 est le cycle des apprentissages fondamentaux. Le travail sur le langage commencé au cycle 1 va se prolonger et l'élève devra être capable de comprendre différentes formes de langages et de s'exprimer avec celles-ci. Ces différentes formes de langages comprennent le langage écrit, le langage oral, une langue étrangère, les langages mathématiques, scientifiques et informatiques. C'est donc au cours de ce cycle que vont se poser d'importantes bases. La **structuration de l'espace et du temps**, commencée au cycle 1, va prendre une place importante dans la vie de l'élève et dans ses apprentissages. C'est un processus à long terme, qui s'établit en fonction du développement de l'enfant et de ses expériences. Les programmes du cycle 2 notent donc l'importance de la régularité, la diversité et de l'interdisciplinarité dans les apprentissages liés à l'espace et au temps (Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, 2015b). Les élèves vont évoluer vers une **démarche métacognitive**. En effet, l'objectif sera de comprendre ce qu'ils font et pourquoi ils le font. Ils devront être capables d'expliquer leurs démarches, et de prendre du recul sur celles-ci, afin de pouvoir analyser leurs erreurs. Ils pourront constater que des compétences peuvent être pluridisciplinaires et l'enseignant mettra en valeur l'analogie entre certaines activités de plusieurs disciplines pour le souligner. La notion d'espace est **transversale** puisqu'elle intervient dans toutes les disciplines. Elles vont donc toutes contribuer à l'**installation de repères spatiaux à différentes échelles**. L'acquisition des connaissances et compétences spatiales doit se faire en soumettant aux élèves des problèmes spatiaux, dans lesquels ils devront localiser des objets ou décrire des déplacements, tout en insistant sur le vocabulaire utilisé.

L'objectif « se repérer dans l'espace », au cycle 2, dépend à la fois de « questionner le monde » et des mathématiques, plus précisément de la géométrie. En effet, pour ces deux disciplines, les attendus de fin de cycle sont respectivement, « se repérer dans l'espace et le représenter », et « (se) repérer et (se) déplacer en utilisant des repères ou des représentations ». Le parcours proposé débute par un environnement proche de l'élève et tangible, pour aller progressivement vers un environnement plus lointain, non sensible et plus abstrait. Il en est de même pour les supports utilisés, qui seront de plus en plus éloignés de l'élève : du plan du quartier, vers la découverte du système solaire, des repères liés à soi vers les repères liés à un autre puis un personnage ou un robot sur un

écran. Les enseignants doivent donc proposer des activités permettant de rendre compte du lien entre espace mathématique et espace géographique. Cela implique ainsi, que l'enseignant devra inciter les élèves à **comprendre** et **analyser les stratégies** qu'ils utilisent pour se repérer, afin de pouvoir les décontextualiser et les adapter à tous les espaces. Ce travail sur l'espace accompagne la **décentration de l'élève** qui va se faire progressivement tout au long de son développement.

Les autres items des programmes de géométrie permettent à l'élève de mieux comprendre le monde qui l'entoure, et le représenter pragmatiquement.

De la même manière, en **EPS**, la question des repères est omniprésente, qu'il s'agisse des repères sur soi, sur les autres ou sur l'environnement, quel que soit l'objectif travaillé. Cependant, l'adaptation à l'environnement est clairement mentionnée en l'objectif « adapter ses déplacements à des environnements variés ». Par ce champ d'apprentissage, l'élève doit réussir à lire le milieu dans lequel il se trouve, afin d'adapter ses déplacements aux contraintes de celui-ci. Il doit donc se rappeler des particularités de ce milieu, prendre des repères dans celui-ci, et sur lui-même, afin de s'y orienter et d'y déplacer. L'élève doit également respecter les règles de sécurité qui s'applique à chaque milieu. Ce point du programme est important puisque l'objectif est de **favoriser l'autonomie de l'élève**. En effet, dans cet objectif, nous pouvons par exemple parler de la natation, car, selon l'INPES, la noyade est la première cause de décès chez les moins de 15 ans (Santé publique France, 2018). **Se connaître et connaître son milieu apparaît donc ici comme un enjeu de santé publique.**

En **arts visuels**, les élèves travaillent sur la représentation du monde. Ils développent leur esprit critique en prenant conscience que les différentes représentations du monde produisent un écart avec les éléments représentés et que cet écart doit être pris en compte. Il peut créer des émotions différentes ou refléter différents points de vue. En ce sens, il s'agit donc d'accompagner l'analyse des œuvres et celle de l'environnement ou de l'objet représenté. Cette analyse contribue au développement de l'esprit critique de l'élève mais également à prendre conscience de son potentiel créatif.

Les apprentissages menés au cycle 3 viennent consolider ceux du cycle 2 et préparent également aux apprentissages du cycle 4. L'élève va affiner sa connaissance du monde et sera capable d'utiliser des outils pour rendre compte de sa démarche, se justifier et ainsi résoudre des problèmes ou traiter des données.

Le cycle 3 est marqué par la séparation de « questionner le monde » en histoire et géographie d'une part et « sciences et technologies » d'autre part (Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, 2015c). En **géographie**, l'élève étudie les différents territoires et les questionne. En effet,

l'objectif est de s'interroger sur l'occupation des différents espaces, leur utilisation et les pratiques qui y sont liées, en partant toujours de l'**espace proche** de l'élève, pour **s'éloigner petit à petit** en étudiant et comparant d'autres territoires. L'élève pourra constater des différences et des similitudes entre les pratiques dans les différents espaces, mais aussi leurs transformations en fonction de leur occupation. Cette analyse amènera à comprendre le monde qui l'entoure et également penser des solutions pour son propre avenir ; l'occupation des espaces et les interactions entre les groupes occupant ceux-ci étant une question cruciale de notre époque, que ce soit à l'échelle des quartiers, des villes ou à l'échelle mondiale.

En **géométrie**, l'élève devra s'appuyer non seulement sur la perception mais aussi de plus en plus sur le **raisonnement** et l'**argumentation**. En plus de savoir utiliser les différents supports de représentations des espaces, il devra être capable d'en produire. L'utilisation du vocabulaire spécifique est, comme dans les deux cycles précédents, un point important. Au cycle 3, les phénomènes géométriques déjà perçus par les élèves vont se conceptualiser, comme le parallélisme ou la perpendicularité. Le lien entre utilisation et production des représentations des espaces va donner lieu à des liens interdisciplinaires, entre les mathématiques, la géographie, les arts visuels et l'EPS, notamment en course d'orientation.

Au cycle 4, les élèves sont amenés à prendre de plus en plus de recul dans leur raisonnement. Ils devront **analyser leurs démarches** et trouver des principes généraux à partir de cas concrets. Ils continuent leur chemin vers le **raisonnement abstrait**. Ce cycle met également l'accent sur les responsabilités, l'engagement, et rappelle comme pour les autres cycles, l'importance de la démarche de projet pour mobiliser, responsabiliser les élèves mais aussi pour donner du sens aux apprentissages et faire ressortir les valeurs de l'école.

Alors que dans les trois premiers cycles l'élève apprenait à trouver des repères dans l'espace, au cycle 4, il s'agira plutôt de **trouver des repères dans le monde**, dans toutes les dimensions qu'il inclut : le monde scientifique, par le travail du raisonnement, de l'abstraction et de la modélisation ; le monde géographique et historique, par la compréhension des événements passés et de l'impact de l'Homme sur les différents espaces ; et le monde social, par le raisonnement sur le flux d'informations, l'analyse des données, pour se forger une opinion en ayant conscience de ce qui peut l'influencer et en mettant en relation ses connaissances.

Aussi, le Socle Commun de Connaissances, de Compétences et de Culture (SCCCC), ainsi que les différents bulletins officiels relatifs à la mise en place des programmes dans les disciplines nous indiquent donc que les compétences que devra acquérir l'élève du cycle 1 au cycle 4, vont

nécessiter progressivement de la **décentration**. De plus, le raisonnement de l'élève concernera de plus en plus des espaces lointains, voire abstraits.

**L'enseignant se doit donc de proposer des activités régulières et diverses visant à la structuration de la notion d'espace. Il doit également souligner et utiliser l'interdisciplinarité de cette notion, pour mettre en exergue un raisonnement général, une démarche transférable en fonction du type de problème.**

## **Plan pour les mathématiques**

Le plan pour les mathématiques, présenté en 2014 par Najat Vallaud-Belkacem (2014), présente dix mesures clés autour de trois grands axes afin d'améliorer le niveau des élèves en mathématiques. Le premier axe a pour objectif la mise en place d'un enseignement des mathématiques plus en phase avec son temps, notamment en utilisant l'informatique. Les deuxième et troisième axes visent à donner aux mathématiques une image moderne, attractive et accessible à tous. Cela passe tout d'abord par les enseignants, en proposant une formation plus poussée, notamment pour les enseignants du premier degré, et une valorisation des carrières scientifiques. Cela passe également par les actions éducatives.

Tout d'abord, il s'agira de promouvoir un environnement plus favorable à l'apprentissage, en pratiquant une évaluation positive, basée sur les compétences, mais aussi en abordant les mathématiques d'un point de vue ludique et interactif. C'est une discipline où persistent de nombreux stéréotypes, sexuels ou liés aux catégories sociales. Il s'agira donc de montrer aux élèves qu'ils sont tous capables et tous concernés par les mathématiques. Cela passe également par un travail en lien avec tous les partenaires de l'école, enseignants, parents, périscolaire, et par la mise en place de projets qui les impliquent.

La stratégie mathématique de 2014, nous rappelle également que les mathématiques, et notamment la géométrie dans toutes ses dimensions permettent une meilleure compréhension du monde. Les liens interdisciplinaires doivent donc être établis entre cette discipline et les autres. Afin de concrétiser les apprentissages et leur donner du sens, il sera également important d'explicitier les compétences travaillées et de rendre compte de la transférabilité dans les autres disciplines.

Le **jeu** est une voie d'apprentissage qui doit être utilisée puisqu'elle permet aux élèves de **tester leurs stratégies**, leurs **raisonnements** et donc d'**apprendre par essais-erreurs**. Elle permet également de lier les mathématiques au plaisir et à la créativité.

## Rapport Villani-Torossian

Le rapport Villani-Torossian a été demandé dans un contexte où les résultats des élèves français en mathématiques ne cessent de se dégrader depuis une douzaine d'années selon les enquêtes du Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves (PISA) et de l'étude internationale consacrée aux mathématiques et aux sciences (TIMMS). Ces évaluations soulignent des acquis très fragiles à la fin du primaire, mais aussi un désamour des enseignants pour cette discipline : un tiers des professeurs des écoles déclare ne pas aimer enseigner les mathématiques (Villani et Torossian, 2018). Pourtant, les mathématiques occupent une place importante dans les programmes scolaires. C'est également une discipline sur laquelle pèse un poids symbolique important. En effet, c'est une discipline qui peut être considérée comme complexe ou élitiste par les adultes, mais aussi déjà par les enfants qui se déclareraient « nuls en maths » pour certains dès 7 ans. Le stéréotype de l'opposition entre « matheux » et « littéraire » peut donc peser très tôt sur les enfants et être renforcé par un sentiment de fatalité déjà présent chez les parents.

Les mathématiques sont pourtant une discipline importante pour tous les citoyens, puisqu'elles favorisent l'autonomie et la capacité d'innovation. C'est une discipline clé que l'on retrouve dans de nombreux domaines et carrières, notamment dans l'économie, la santé, ou les nouvelles technologies. Au-delà de la discipline pure, c'est le raisonnement mathématique qui est mis en avant. En effet, il contribue à développer l'esprit critique en privilégiant un raisonnement par décomposition d'arguments, notamment en géométrie.

Les difficultés des élèves pourraient être dues à une construction trop rapide des notions, notamment des notions de base, comme la forme et le nombre en primaire, qui pourraient entraîner des difficultés installées. Celles-ci entraîneraient une difficulté pour les professeurs à analyser les causes des erreurs des élèves, peut-être également par manque de temps ; les enseignants signalant que le temps consacré à la gestion de classe empiète sur les temps « d'enseignement purs ».

Pour Villani et Torossian (2018), il s'agirait donc de redonner une bonne image des mathématiques en les mettant en valeur, sans les surestimer. Cela passerait pour les élèves par une **explicitation** de la place et du rôle de cette discipline, mais aussi par l'éveil de la curiosité, de la créativité et du plaisir pour les mathématiques. Les parents ne sont pas en reste puisqu'il faudrait également leur redonner une place dans le suivi de l'enseignement de la discipline.

Pour cela, plusieurs axes sont proposés. Tout d'abord il s'agit de mettre en avant l'utilité de l'erreur. L'enseignant doit donc permettre à l'élève de faire l'**expérience de l'erreur**, c'est à dire **se tromper, analyser son erreur et réessayer**. Ce travail sur l'erreur nécessite la mise en place par l'enseignant d'un contexte sécurisant pour l'élève. L'élève doit avoir le temps pour se tromper et réessayer, il doit également être accompagné dans l'identification de son erreur pour pouvoir la comprendre, qu'il n'en ait plus peur et qu'elle soit ainsi constitutive de son apprentissage. De la même manière en français on prend conscience de l'importance des brouillons, des écrits intermédiaires et successifs, de privilégier « barrer » à effacer. Les contenus auront également une place, puisque les enseignants devront veiller à proposer des activités avec des difficultés intéressantes pour les élèves sans qu'elles ne paraissent insurmontables et donc sans qu'elles ne soient décourageantes.

Il s'agit ensuite de dédramatiser l'enseignement des mathématiques en liant les activités proposées à la notion de plaisir. Pour cela, le **jeu** s'avère être un outil intéressant. Pour l'enseignant comme pour l'élève, il va permettre d'**aborder différemment la discipline**. Les jeux de cartes, jeux de plateaux ou les jeux traditionnels permettent d'aborder le nombre ou le raisonnement logique de manière ludique. Il faut cependant faire attention à ne pas étudier le jeu pour le jeu, mais bien de le mettre au service des apprentissages, et de rendre visible ce lien pour les élèves. La mise à disposition des jeux durant la pause méridienne, en lien avec le périscolaire doit également être envisagée.

L'**explicitation** va tenir un rôle prépondérant, autant pour les enseignants que pour les élèves. En effet, pour l'enseignant, il s'agira de bien comprendre les programmes et les liens effectués entre les différentes disciplines et les différents domaines au sein même des mathématiques. Il pourra donc ensuite clarifier les attendus auprès des élèves, qui pourront alors s'interroger sur ce qu'ils ont appris après chaque séance et visualiser leurs progrès par rapport aux attendus. Dans le même objectif, la **trace écrite** va permettre aux élèves de **structurer leur pensée** en mettant en forme et en mots ce qu'ils ont appris. Ce travail de reformulation va contribuer à la bonne compréhension des concepts. L'enseignant devra également expliciter ce qu'il attend en termes de travail à la maison. Cette explicitation devra être claire pour tous les partis, y compris les parents qui doivent reprendre une place dans le suivi de leurs enfants. Pour cela, des ressources peuvent être mises à disposition des familles, notamment des ressources informatiques, via l'Environnement Numérique de Travail (ENT) des écoles par exemple.

Les mathématiques étant une base aux problèmes posés dans les autres disciplines, les liens interdisciplinaires doivent prendre une place importante, afin de contribuer à la consolidation des notions vues, à leur remise en contexte et à leur concrétisation. Les Technologies de l'Information et

de la Communication pour l'Enseignement (TICE) doivent aussi être des outils utilisés par l'enseignant, notamment les logiciels de programmation et de géométrie, puisqu'elles permettent de concrétiser les apprentissages de manière ludique tout en développant le raisonnement logique, la rigueur et la précision, qualités indispensables pour la réussite en mathématiques.

En ce sens, plusieurs publications d'Eduscol proposent des activités basées sur l'apprentissage par le jeu. En effet, il permet aux élèves d'apprendre ensemble et chacun à leur rythme. Le jeu, comme les mathématiques développe la **concentration**, la **logique**, l'**élaboration de stratégie** et la **mémorisation**. Il permet également de **dédramatiser l'erreur**. Bien que certains élèves soient très compétiteurs, il sera plus acceptable pour d'autres de se tromper, de perdre au cours d'un jeu, que de rester bloqué sur sa feuille lors d'un exercice (Ministère de l'Éducation nationale, 2016). Il pourra également plus facilement demander de l'aide à l'un de ses pairs et, sans s'en rendre compte, mettre en œuvre des stratégies de résolution de problèmes au travers l'utilisation de la **métacognition**. Le **rôle de l'enseignant** sera alors de lui laisser suffisamment d'espace et de temps pour développer ses stratégies et de les confronter à celles des autres. Il devra également aider à **faire émerger les stratégies** utilisées ainsi que les **faire verbaliser**, afin que l'élève puisse les réutiliser dans les autres disciplines. L'enseignant va donc permettre l'**enrôlement** des élèves dans l'activité, mais aussi leur maintien dans l'activité, en tenant les rôles d'observateur et d'arbitre. Il **donne le cadre du jeu** et **favorise la métacognition** des élèves : en fin de séance, les élèves doivent pouvoir se rendre compte de ce qu'ils ont appris.

Le jeu est également un moyen de prendre du plaisir à apprendre, et ce autant pour l'élève, que pour l'enseignant, s'il accepte un peu de lâcher prise dans la classe, afin de favoriser les échanges entre élèves (Bucheton et Soulé, 2009), mais aussi dans les règles du jeu. **Le jeu doit rester un outil pédagogique, avec des objectifs d'apprentissage précis.**



## II. Le développement de la représentation de l'espace chez l'enfant

La représentation de l'espace chez les enfants est décrite différemment selon les auteurs. Tout au long de leur croissance et de leurs apprentissages, les enfants développent leur vision de l'espace par stades successifs, de manière progressive et à leur rythme. Ils passent alors, en grandissant, d'un espace subi et proche, accessible par les sens, à un espace conçu, non perceptible par les différents sens. Les enfants doivent alors se représenter cet espace de plus en plus éloigné (Piaget et Inhelder, 1972).

### A. Selon Jean Piaget

Pour Piaget, percevoir l'espace c'est « percevoir les relations des choses entre elles, son propre déplacement par rapport aux choses ». Pour y parvenir, il faut tout d'abord apprendre à se définir comme point stable de référence, puis, de plus en plus, intégrer en permanence son corps dans l'espace, en réalisant ou non des mouvements et en établissant des relations entre les éléments.

Jean Piaget mentionne trois modes de repérage différents dans l'espace : un **relatif subjectif**, un **relatif objectif** et un repérage **absolu**. Le premier (repérage relatif **subjectif**) prend en compte le point de vue de l'observateur. Il demande à l'élève de communiquer verbalement les informations, sur une position ou un trajet, à un camarade qui n'a pas de plan. Il faut alors que l'élève qui dirige parvienne à se positionner mentalement à la place de celui qui est dirigé. En effet, le premier informe et fait référence à son point de vue sur l'espace réel, alors que le second reçoit les informations et les interprète en référence à son point de vue sur l'espace réel. Pour faciliter dans un premier temps les repères, les élèves peuvent regarder dans la même direction. Le repérage **relatif objectif** se fait indépendamment du point de vue de l'observateur. Il fait référence à des objets choisis temporairement, comme en classe par exemple : en lecture, « lisez les deux lignes du haut » ou en écriture, « écrivez à partir de la deuxième ligne et à trois carreaux à droite de la marge ». Le dernier mode de repérage dans l'espace est le repérage **absolu**. Celui-ci utilise, quels que soient les lieux ou les trajets à repérer, des points de références ainsi que des directions identiques (numéro/nom de rue, coordonnées, nom d'un lieu).

Comme cela a été mentionné plus tôt, l'espace organisé des adultes n'apparaît pas de manière innée. Il est le résultat d'une longue construction réalisée plus ou moins facilement, selon les individus, d'un espace agi à un espace représenté. Cette construction se fait tout au long des apprentissages des enfants, depuis la naissance, où l'espace perçu est très limité, **topologique** puis

**projectif**, jusqu'à l'adolescence (environ 12 ans) où l'enfant parvient véritablement à concevoir l'espace autour de lui, un **espace euclidien**.

Dans leurs travaux, Piaget et Inhelder (1972) montrent qu'à sa naissance, le nourrisson se trouve dans un **espace subi** (de 0 à 3 mois). En effet, il voit seulement les espaces qui défilent et subit ses déplacements. Il perçoit l'espace de manière très limitée, en particulier les lieux familiers, mais ne fait pas de lien entre ceux-ci. Son espace est sensoriel, ce sont les personnes et les objets qui s'éloignent ou se rapprochent.

Avant un an, l'enfant n'a donc ni représentation de l'espace, ni conscience de la permanence des objets. Par exemple, si on cache un objet derrière un cache A, l'enfant le cherchera derrière ce cache. Si on déplace l'objet derrière le cache B, l'enfant le cherchera toujours derrière le cache A.

Après un an, il commence à entrevoir la notion de l'espace. Il est capable de se déplacer et de chercher un objet qui n'est pas à sa place habituelle. Il saura retrouver sa chambre ou un objet qu'il utilise régulièrement.

Aux alentours de deux ans, l'enfant n'a toujours pas de représentation de l'espace, mais il va construire un **espace pratique d'action**. Par exemple : s'il y a un bonbon sur une table, l'enfant cherchera le meilleur endroit et tournera autour de la table pour réussir à l'attraper.

Après 2 ans, l'enfant agit dans son espace de déplacement. Il peut parler et comprend quand on lui parle, ce qui permet de définir l'espace et de verbaliser des rapports spatiaux. Par le langage, chaque enfant élabore ses repères, selon ses propres indices, qu'il apprendra à confronter à ceux des autres. La maîtrise du langage conditionne et modifie donc la représentation que l'enfant se fait de l'espace. L'enfant développe des comportements d'imitation et de représentation. Par le biais du jeu symbolique, il s'adapte intellectuellement et affectivement au monde qui l'entoure et commence à percevoir l'espace sans que son corps ait besoin de l'expérimenter directement.

De 5 ans à 7 ans, ils parviennent à représenter et différencier des formes géométriques simples et établissent des relations topologiques.

Finalement, J. Piaget insiste sur le rôle des différents sens et l'importance de l'action. **L'appropriation de l'espace se fait par l'action dans et sur l'espace et les objets avant d'aller vers l'abstraction.**

## B. Selon Liliane Lurçat

La construction de l'espace chez l'enfant se fait simultanément aux progrès de sa perception et de sa motricité. Pour Liliane Lurçat, « dès que l'enfant vit, il vit dans l'espace et s'en construit une représentation ». La première étape de la maîtrise de l'espace est d'en extraire des informations, par l'intermédiaire de la perception, essentiellement à travers deux sens : **la vue et le toucher** (par la préhension par exemple). Ces deux fonctions ont un rôle fondamental pour l'appropriation des informations spatiales.

En ce sens, cette chercheuse en psychologie et spécialiste de l'enfant explique que « la connaissance directe de l'espace par la pratique quotidienne du jeune enfant est faite principalement de déplacements exploratoires et de manipulation d'objets » (Lurçat, 1976). Il exploite alors l'espace vécu seulement en s'y déplaçant et en situant les objets par rapport à lui. En effet, l'enfant n'a, à ce stade, que son corps comme repère. Ce sont ses mouvements et ses déplacements dans cet espace qui lui permettront d'en avoir une connaissance directe de ce qui l'entoure.

Liliane Lurçat ajoute que « la connaissance indirecte de l'espace transmise par l'entourage consiste principalement dans la dénomination des objets, des lieux ainsi que dans les consignes et dans les interdits qui s'y réfèrent » (Lurçat, 1976).

L'enfant parvient alors à **construire son espace grâce à deux sources de connaissances différentes** : une première, **directe**, par l'activité de l'enfant, ses déplacements et manipulations d'objets ; une seconde, **indirecte**, transmise par le biais du langage, en nommant les objets et les lieux. Ces deux rapports à l'espace permettent de verbaliser l'action en liant l'aspect langagier et l'action elle-même. « Le jeune enfant ne fait que vivre son milieu environnant : il ne le perçoit pas, il ne le conçoit pas encore », car il ne peut pas le voir objectivement. Il n'y a qu'à partir du moment où l'enfant est capable de prendre de la distance par rapport à ce qu'il voit, qu'il pourra accéder à une certaine connaissance de l'espace et qu'il parviendra à se décentrer (Terrier et Vandenweghe-Bauden, 1996).

## C. Selon Guy Brousseau

Selon G. Brousseau, trois types d'espaces existent, faisant apparaître les relations entre l'espace et l'individu. Ces modèles conceptuels développés dépendent de la taille de l'espace avec lequel un sujet est en interaction. On distingue alors le micro espace, le méso espace et le macro espace.

### Le micro espace

C'est l'espace des interactions liées à la manipulation des petits objets. Celui-ci correspond à l'**espace proche** du sujet et peut avoir plusieurs points de vue de l'objet étudié. L'individu peut ici voir, toucher, manipuler et déplacer les objets perçus exhaustivement ; il est à l'extérieur de cet espace. C'est l'espace des mathématiques, englobant la géométrie. Par exemple : un solide, la feuille et la table de l'élève (Fig. 1).

« La structuration de cet espace est décisive pour l'apprentissage de la lecture. Il n'est pas nécessaire de le conceptualiser pour l'appréhender » (Brousseau, 2000).

### Le méso espace

C'est un **espace intermédiaire**, accessible à une vision globale : le sujet se déplace dans le domaine contrôlé par la vue, les objets sont fixes et mesurent entre 0,5 et 50 fois sa taille. Le sujet est ici à l'intérieur de l'espace et peut s'y déplacer pour observer l'espace selon différents points de vue. Les objets y sont semi-fixes ou fixes, par exemple, la classe ou la cour (Fig. 2).

Une conceptualisation aidera à appréhender cet espace. La maquette et le plan ont un rôle dans cette démarche (Brousseau, 2000).

### Le macro espace

C'est un « espace des trajets dans la ville », accessible seulement à des visions locales et partielles. On ne peut donc pas l'appréhender globalement. Chaque endroit de cet espace est perçu de façon isolée. Il est organisé de proche en proche par la **mise en relations de « cartes locales »**. Une partie seulement de cet espace est sous le contrôle de la vue. Les objets y sont fixes. Le sujet se situe à l'intérieur de l'espace et doit coordonner des informations partielles pour conceptualiser cet espace (Brousseau, 2000).

Le passage par le plan, la carte ou la maquette permettront de conceptualiser mentalement cet espace.

Le macro espace, c'est l'espace utilisé en l'EPS et en géographie. Le groupe scolaire, le village et le quartier par exemple sont considérés ici (Fig. 3).

---

### Micro-espace

---



L'espace de la table de l'enfant

Figure 1 : représentation du micro-espace

---

### Méso-espace

---



La classe de l'enfant

Figure 2 : représentation du méso-espace

---

### Macro-espace

---



Le quartier de l'enfant

Figure 3 : représentation du macro-espace

En général, aux cycles 1 et 2, il est important de travailler essentiellement sur les micro-espaces et méso-espaces alors que le macro-espace ou, du moins, sa représentation, semble plus spécifique au cycle 3.

Pour ce mémoire, les trois espaces ont été étudiés avec les élèves de CE2. Les espaces étudiés étant riches, la description des éléments et de leur emplacement ont permis de « diagnostiquer » les acquis des élèves au niveau du vocabulaire de spatialisation.

#### **D. Selon Abraham Moles**

Ce mathématicien prend la dimension affective de l'espace vécu pour exposer une théorie psychologique s'articulant autour de deux thèmes : la fixation de l'être dans l'espace et sa relation avec les autres (Moles et Rohmer, 1998).

Abraham Moles pense que l'espace n'existe que par la référence à un sujet, un groupe, un contenu et un point de vue. Il correspond ainsi à la façon dont l'individu l'appréhende et le catégorise avec son contenu. L'importance des éléments décroît alors avec la distance. En effet, Moles souligne le fait que l'individu est le centre du monde, impliquant que ce qui lui importe le plus est ce qui passe à proximité car cela le concerne. En revanche, ce qui arrive loin ou ailleurs a peu d'importance : c'est un phénomène d'**atténuation avec la distance** (Moles et Rohmer, 1998). Cette idée fut introduite par l'anthropologue américain Edward T Hall dès 1963 et désigne « l'ensemble des observations et théories que l'Homme fait de l'espace en tant que produit culturel spécifique ». La théorie d'Abraham Moles repose alors sur cela lorsqu'il sa théorie des **coquilles de l'homme** (Moles et Rohmer, 1998). Il y décrit huit zones concentriques autour de l'être, présentées à la manière des « peaux d'un oignon ». Celles-ci correspondent à la position d'un être isolé qui appréhende son environnement comme un espace illimité. Elles s'étendent depuis l'espace corporel, jusqu'au vaste monde. Les zones sont différenciées dans l'espace selon leur distance au point où se situe l'individu, mais cette distance ne suffit pas à les définir. Le critère décisif est la représentation, donc le vécu de l'individu pour qui l'expérience, par exemple du quartier, est autre chose que son expérience de la ville. Les coquilles sont créées par les mécanismes d'appropriation et les modes d'action, mais aussi déterminées socialement : c'est donc un phénomène psycho-socio-spatial. Le déplacement, par exemple, est une expérience différente, qu'il intervienne dans le quartier, la ville ou le vaste monde. Pour en rendre compte, Moles introduit des critères tels que la spontanéité, l'organisation et la sécurité (Moles et Rohmer, 1998).

## E. Les fonctions exécutives

Les fonctions cognitives sont l'ensemble des processus qui permettent au cerveau de percevoir et traiter une information afin d'adapter son comportement dans un environnement (INSERM, 2013). Zelazo (2015) disait d'ailleurs : « la réflexion constitue un fondement nécessaire à toute forme de fonction exécutive ». Selon le paradigme nouveauté / habitude, l'enfant, en interagissant avec son environnement va puiser dans la boîte à outils que sont les fonctions cognitives pour s'adapter à des situations nouvelles. Il peut alors, après observation, et des entraînements répétés, développer tout un éventail de nouvelles capacités. Parmi les fonctions cognitives, on peut citer les gnosies, les praxies, les fonctions visuo-spatiales, les différentes mémoires, l'attention, le langage, les fonctions exécutives. Ces dernières apparaissent comme les chefs d'orchestre des autres fonctions cognitives.

Comme le rappelle la fondation *la main à la pâte* (Pasquinelli, Bernard-Delorme, Borst, et Houdé, 2015), les neurosciences étant relativement récentes, il n'y a pas encore de consensus pour la détermination et la classification des fonctions exécutives. De plus, selon la science qui les étudie (neuroscience, psychologie ou philosophie), il existe des différences de point de vue. Cependant, il y a tout de même des points d'accord entre les différents auteurs.

Entre 1950 et 1970, Luria (1966), décrit les fonctions exécutives comme étant des fonctions de contrôle de tâches cognitives diverses permettant à l'être humain de réguler son comportement. Par la suite, en 2004, Collette décrit les fonctions exécutives comme étant un ensemble de processus cognitifs qui permettent l'adaptation à des situations inhabituelles, nouvelles ou complexes, quand les routines d'actions ou les compétences déjà apprises ne suffisent pas (Collette, 2004).

Les fonctions exécutives sont ainsi un ensemble de processus mentaux hétérogènes d'ordre supérieur impliqués dans toute action orientée vers un but. Apparaissent ainsi la **mémoire de travail**, l'**inhibition**, la **flexibilité cognitive** et la **planification**.

La **mémoire de travail** est la capacité à traiter et manipuler mentalement des informations (3 à 5 éléments) pour produire un résultat. Elle peut être comparée à la mémoire vive d'un ordinateur. En la mobilisant, elle évolue régulièrement tout au long du développement des enfants.

L'**inhibition** correspond à la capacité à résister aux distractions et impulsions (automatismes) et à empêcher que des informations non pertinentes ne perturbent la tâche en cours. C'est un frein mental (ou un filtre) qui permet la maîtrise de soi, de penser avant d'agir ou de parler et d'arrêter un geste ou une parole qui nuirait à ce que l'on veut accomplir. Vers 5 – 7 mois, l'enfant a la possibilité d'accéder directement à un objet mais si l'objet est caché par exemple, il ne peut pas y accéder, comme

le montrent Piaget et Inhelder (1972). Entre 3 ans ½ et 6 – 8 ans, il peut inhiber un schème précédemment acquis (tâches conflictuelles). L'inhibition des distracteurs ne commence à être efficace qu'autour de 7 ans et évolue jusqu'à 12 ans.

La **flexibilité cognitive**, quant à elle, est la capacité à alterner entre des états cognitifs pour changer d'attitude, de perspective ou de comportement. Elle permet de s'adapter aux changements, de réajuster ses actions si besoin et de penser de manière créative. À 2 ans, les enfants ont la possibilité d'appliquer une seule règle à la fois. L'émergence d'une certaine flexibilité apparaît vers 2 ans et demi où il devient possible d'inverser des consignes simples (Brooks, Todd, Tofflemoyer, et Horner, 2003). À 3-4 ans ils ont la possibilité de combiner deux consignes, comme par exemple : « ici on met les rouges, et là les bleus ». L'enfant est également capable de contrôler une impulsion et de faire preuve de flexibilité cognitive pour adapter sa réponse à une situation nouvelle. À 4 ans des épreuves de fluences verbales sémantiques ou phonologiques, peuvent être administrées. Le développement de la flexibilité cognitive progresse jusqu'à 16 ans environ.

Enfin, la **planification** consiste à analyser le problème à résoudre et de définir des priorités d'action avant d'agir. L'individu sélectionne alors les stratégies efficaces et décide de l'ordre des étapes à effectuer. Il surveille par la suite de manière continue l'impact de ses actions pour atteindre un but (auto-contrôle). Cette fonction se développe de manière progressive et régulière de 4 à 16 ans.

Il est établi que le développement de ces fonctions exécutives est lié aux processus de maturation du cortex préfrontal, ainsi qu'à l'interaction avec l'environnement (INSERM, 2013). Elles commencent à émerger avant l'entrée à l'école primaire. En effet, vers huit mois, l'enfant peut retrouver un objet caché après un bref intervalle, comme le mentionne aussi Piaget, bien que ce soit, à cet âge, une capacité très limitée.

Pendant la période scolaire, le développement est très rapide et s'accélère lors de l'adolescence. À la fin de l'adolescence, les fonctions exécutives finissent de mûrir (Best, Miller, et Jones, 2009 ; Chevalier, 2010 ; Luna, Garver, Urban, Lazar, et Sweeney, 2004).

Avant 4-5 ans les fonctions exécutives sont sous-développées. Cela explique la difficulté des tout petits à cesser une activité pour en démarrer une nouvelle, à planifier d'avance, à faire plus d'une chose à la fois, à se concentrer pendant de longues périodes, à renoncer à une gratification immédiate (résister aux tentations) et à contrôler ses émotions. Ces difficultés font partie du développement normal. Elles sont liées au stade de développement du cerveau à cet âge.

À l'âge préscolaire, les fonctions exécutives ne sont pas différenciées (Wiebe, Espy, et Charak, 2008), à l'âge scolaire, les fonctions exécutives se diversifient. Des fonctions exécutives inadéquates en bas âge risquent de perdurer pendant l'enfance et l'adolescence.

Le développement de ces fonctions exécutives est déterminant chez l'enfant et leur non acquisition peut être responsable de difficultés d'adaptation scolaire et sociale, en ayant un impact sur le rendement académique, la santé physique, le bien-être, la profession, la vie sociale ou la relation conjugale. Il est donc très important d'aider les enfants d'âge préscolaire à améliorer leurs fonctions exécutives et il est indispensable de les développer tout au long de la scolarité des enfants.

Le développement des fonctions exécutives dépend également du développement du langage : la verbalisation a des effets bénéfiques sur les activités qui impliquent de l'inhibition, de la flexibilité cognitive ou de la planification. De plus, plus les enfants ont des compétences langagières développées, plus ils développent leurs fonctions exécutives (Chevalier, 2010 ; INSERM, 2013).

**C'est pourquoi lors des activités mises en place avec les élèves dans le cadre de ce mémoire, la verbalisation, la métacognition, ainsi que l'usage d'une pédagogie explicite seront primordiaux.**

Selon le National Research Council (2006), la pensée spatiale met en jeu trois composantes, soit les concepts d'espace, les outils de représentation et le(s) processus de raisonnement. Le raisonnement dans l'espace renseigne notre capacité à résoudre des problèmes mathématiques, et notamment des problèmes qui relèvent de situations nouvelles ou inhabituelles. Il nécessite des habiletés propres que sont l'orientation spatiale, la visualisation, la rotation mentale et la décentration (Duroisin, 2015). Ces habiletés dépendent des fonctions cognitives. Ainsi, le travail des fonctions exécutives va permettre l'utilisation efficace des fonctions cognitives pour se repérer dans l'espace. Comme cela a été développé dans l'introduction, une hypothèse ici est que l'apprentissage du jeu d'échecs va donc permettre, de manière ludique, de développer des habiletés spatiales, par un travail sur les fonctions exécutives. Les compétences travaillées seraient alors réutilisées lors du repérage dans l'espace, par des activités décontextualisées, puis recontextualisées, le plus régulièrement possible.



### **III. Le principe du projet**

Durant ce projet, nous avons pour objectif de faire passer l'enfant du concret à l'abstrait. Pour cela, nous il faut passer de l'expérimentation de l'espace (espace en 3 dimensions) à la réflexion sur celui-ci (espace en 2 dimensions et espace abstrait). L'élève doit alors évoluer d'un point de vue égocentrique à un point de vue anthropocentrique, imaginer d'autres points de vue, c'est à dire progressivement se décentrer et élargir graduellement l'espace. Il développe alors ses capacités d'analyse et de mise en relations des différentes informations, c'est à dire d'étude de l'organisation spatiale, ce qui le rend plus apte à présenter l'espace, en utilisant le vocabulaire approprié et à se le représenter.

#### **A. Les activités mises en place avec les élèves**

##### *a. Le jeu d'échecs*

Un jeu permettant d'atteindre tous les objectifs mentionnés ci-dessus est le jeu d'échecs (Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, 2012). Ce jeu est recommandé dès la grande section de maternelle, car il contribue à la maîtrise de soi, au respect de l'adversaire et des règles du jeu, aux compétences civiques, d'initiative et d'autonomie du SCCCC. Il contribue également aux apprentissages en mobilisant les capacités de mémorisation et d'anticipation, de mise en œuvre de stratégies et de prise de décision. Il fait donc appel aux fonctions exécutives.

De plus, il permet à l'enfant d'avoir une expérience physique et concrète d'un espace, avec la matérialité de l'échiquier et des pièces, avant d'aller vers une réflexion plus globale et plus abstraite, avec les diagrammes. Le chemin de l'échiquier vers la représentation en diagramme permet également de passer d'un espace en trois dimensions à un espace à deux dimensions. Il permet ainsi d'élargir graduellement l'espace et d'effectuer des allers retours entre les différentes représentations. Au début de l'apprentissage, les élèves vont apprendre les déplacements des pièces une par une, puis vont pouvoir déplacer plusieurs pièces à la fois. Ainsi, ils développeront leur capacité à analyser l'espace et le lien entre les différentes pièces qui occupent cet espace. En effet, un des points importants du jeu d'échecs est que le joueur doit considérer l'espace dans sa globalité pour raisonner et mettre en œuvre des stratégies. Ce jeu permet également des adaptations en fonctions des objectifs recherchés. En effet, il est possible d'enlever des pièces, de réduire les espaces ou d'adapter les règles du jeu. De plus, l'organisation spatiale est une question cruciale dans ce jeu puisque, bien que les joueurs démarrent dans des espaces opposés au départ, l'enjeu est avant tout de se déplacer, se positionner, afin de contrôler le centre pour contrôler la partie.

Le jeu d'échecs amène également les élèves à passer d'un point de vue égocentré à un point de vue anthropocentré. En effet, ils doivent tenir compte, non seulement de chacune de leurs pièces et de leurs positions dans l'espace de jeu, mais également des pièces de l'adversaire et de leurs positions. Chaque joueur doit alors réfléchir aux interactions entre les différentes pièces : « suis-je en échec ? » ; « y a-t-il des pièces en danger ? » ; « que m'est-il possible de faire ou de ne pas faire ? » ; « qu'est-ce que mon adversaire a envisagé avec ce déplacement ? ». Ainsi, il doit envisager sa pensée, mais aussi celle de l'autre. Le dispositif en binôme permet également à l'élève de se décentrer. En effet, lorsque les élèves sont par deux, un observateur et un joueur, l'observateur va pouvoir observer un autre point de vue que le sien et réfléchir aux coups joués par son binôme : « pourquoi a-t-il joué cette pièce ainsi ? » ; « quelle stratégie veut-il mettre en place ? ».

Le langage est également un point important de ce jeu puisqu'il utilise un vocabulaire propre (roque, pat, mat, par exemple), mais aussi le vocabulaire propre à l'espace (colonne, rangée, horizontalement, verticalement, en diagonale, case). Ainsi, verbaliser des déplacements, des situations ou des stratégies va obliger l'élève à formuler clairement sa pensée et utiliser un vocabulaire précis pour être compris de tous.

Pour découvrir et faciliter l'entrée dans l'apprentissage du jeu d'échecs, un conte a été utilisé : *La légende des deux châteaux*, écrit par Ange Pérez (1986). Celui-ci raconte l'histoire de deux Rois vivant chacun dans leur château et qui s'ennuient. Ils font alors entrer différents personnages, qui représentent les pièces du jeu d'échecs. En même temps que l'enseignant conte, il pose les pièces sur l'échiquier et au fur et à mesure, les élèves eux-mêmes viennent poser les pièces. Cela leur permet de donner du sens au jeu, aux différentes pièces et de les nommer. Ce conte insiste beaucoup sur le vocabulaire spécifique et permet de mémoriser la disposition des pièces, comme par exemple de se rappeler que la Dame est toujours posée sur sa couleur au début du jeu.

Par la suite, pour chaque pièce séparément, leur position et leur déplacement ont été vus en manipulant sur l'échiquier, puis sur des fiches d'activités (Fig. 4).

**Consigne** : « colorie toutes les cases où la dame blanche peut se déplacer ».

**Différenciation** : « nomme les cases où la dame blanche peut se déplacer ».

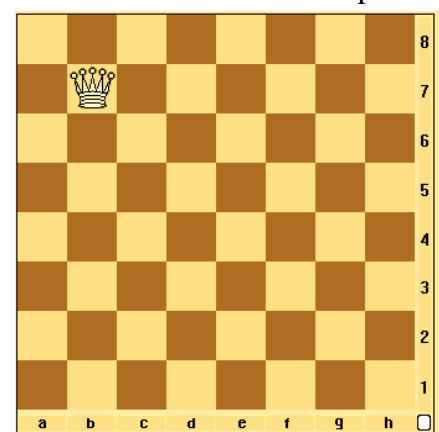


Figure 4 : Déplacement de la Dame  
Trait aux blancs.

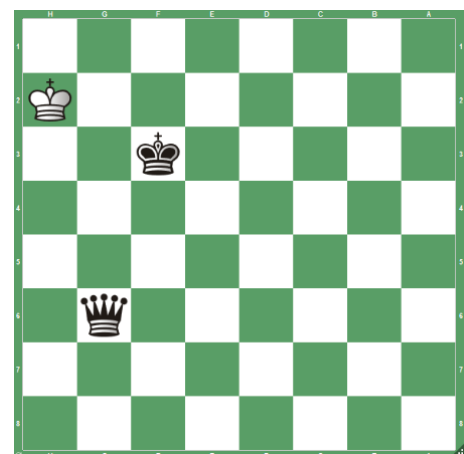
Au vu de la densité du texte et des notions, les règles du jeu ont été explicitées à différents moments de l'apprentissage, en fonction des connaissances acquises par les élèves, puis institutionnalisées à la fin, avant de commencer les premières parties de jeu. Seules les règles particulières n'ont pas été abordées, comme la situation de pat, le roque, la prise en passant.

Nous avons ensuite effectué des parties par groupes de 4 (2 observateurs et 2 joueurs), ce qui a permis à chacun d'intégrer les règles au fur et à mesure du jeu, ainsi que de s'observer et d'apprendre de l'autre en conseillant le binôme. En effet, certains joueurs étant plus familiarisés que d'autres aux règles et aux déplacements des pièces, les groupes hétérogènes ont permis aux élèves une révision et une correction par les pairs. Ceux qui connaissaient déjà le principe du jeu et le déplacement des pièces avaient pour objectif de gagner la partie et développaient des stratégies ; ceux qui n'avaient pas encore retenu le déplacement de toutes les pièces s'entraînaient à effectuer ses mouvements. Les élèves qui en étaient au stade intermédiaire, s'entraînaient à visualiser les relations entre les différentes pièces sur l'échiquier et les actions possibles. Ainsi, dans les groupes hétérogènes, les élèves mettaient d'eux même en place la différenciation : ils s'adaptaient au niveau de chacun et s'observaient beaucoup. Certains élèves ont d'ailleurs mentionné par la suite qu'ils ont mémorisé les déplacements en regardant les autres jouer.

Entre les moments de jeu sur plateau, nous avons également travaillé sur des diagrammes (Fig. 5). Ceux-ci permettent de travailler des situations précises, et donc de se concentrer sur quelques éléments de travail comme la situation d'échec et mat (principe du jeu) et le réinvestissement du déplacement des pièces, en n'en sélectionnant que quelques-unes (2, 3 ou 4) à la fois. Cela évite une surcharge cognitive pour les élèves débutants. Les diagrammes sont également un outil de différenciation, puisque l'on peut en donner des différents à chaque élève, en variant le nombre de pièces, mais aussi le nombre de coups à prévoir. Ils permettent de travailler le codage des cases, le vocabulaire et l'argumentation en lien avec le repérage dans l'espace.

### *b. Les situations décontextualisées*

Afin de se rendre compte de l'acquisition des compétences de mémorisation et planification des élèves, principalement en ce qui concerne le repérage dans l'espace, des activités



**Figure 5** : Diagramme de fin de partie.  
Trait aux noirs.  
Consigne : « les noirs jouent et font mat en 1 coup »

décontextualisées ont été proposées aux élèves. Certaines devaient être réalisées seules alors que d'autres en petits groupes pour favoriser le socio-constructivisme développé par Vygotski.

### i. Le Tuxbot

Le principe est ici de faire avancer le pingouin jusqu'au poisson en programmant son trajet avant d'appuyer sur « GO » (Fig. 6). Au cours de cette activité, par l'intermédiaire de l'informatique, nous faisons passer les élèves d'une situation concrète et physique, avec une représentation 3D à une situation abstraite et mentale, avec une représentation en 2D. Les élèves développent alors leur aptitude à se représenter l'espace, à

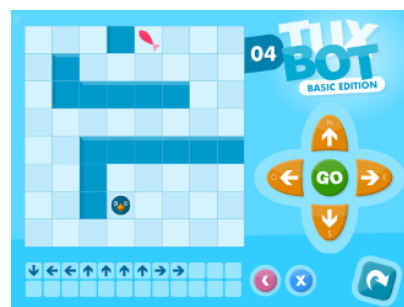


Figure 6 : Tuxbot niveau 4

distinguer la droite de la gauche et les changements de points de vue. Ce travail demande une réflexion intense, ainsi que de se baser sur ses erreurs pour avancer. On se situe ici dans le micro espace décrit par Brousseau.

Il faut que les élèves arrivent à se mettre à la place du pingouin pour en comprendre son orientation, mais aussi qu'ils soient capables d'imaginer le trajet (algorithme) qu'ils sont en train de programmer, sans voir l'animal avancer. Il faut ainsi réussir à mémoriser les essais réalisés et faire appel à ces capacités de planification.

Les niveaux de ce jeu sont organisés en difficulté croissante. Cependant, pour les élèves en difficulté dès le début, nous avons proposé de reproduire l'activité en situation réelle de manipulation sur papier, où ils avaient en main un objet représentant un pingouin et le faisait avancer jusqu'au poisson, en notant au fur et à mesure le trajet qu'ils effectuaient.

Les élèves ont compris seuls cette activité par essais-erreurs, en se rendant compte eux-mêmes qu'il fallait contourner les obstacles. Les solutions étaient trouvées rapidement au bout de 2-3 essais. D'eux même, les élèves se mettaient à la place du pingouin, se levaient et reproduisaient concrètement les déplacements pour visualiser les déplacements. À ce moment, ils étaient obligés d'utiliser avec précision le vocabulaire spécifique à l'orientation dans l'espace pour se faire comprendre des autres. Une difficulté que nous avons rencontrée était au niveau du travail en groupe, où certains élèves ne voulaient pas suffisamment communiquer, d'autres ne voulaient pas considérer l'avis des autres. La mise en accord concernant la programmation du trajet du pingouin a donc pris à peine plus de temps que prévu.

En passant par le jeu, cette activité a permis aux élèves de se mettre à la place d'un personnage pour le faire avancer. Ils arrivent maintenant à se projeter dans la tête du personnage pour décrire ses

déplacements, ce qui est un outil très important dans la maîtrise des compétences de repérage dans l'espace (Piaget et Inhelder, 1972).

Le quadrillage étant le même que celui du jeu d'échecs, les élèves ont pu transférer de l'une à l'autre activité les compétences acquises progressivement. Ils ont d'ailleurs remarqué que le pingouin du Tuxbot se déplace presque comme le roi aux échecs. Cela leur permet maintenant de visualiser des déplacements pour prévoir de futures actions.

Par ce jeu, nous avons ainsi travaillé les fonctions de **mémorisation** et de **planification**. La fonction d'**inhibition** est ici présente car les élèves tentant d'accéder au poisson par un trajet direct risquent de se confronter à un obstacle. Ils doivent réfléchir avant d'agir.

C'est un préambule à l'activité du labyrinthe détaillée ci-dessous, car ce jeu est un labyrinthe simplifié et plus concret pour les élèves.

## ii. La tour de Hanoï

Ce jeu consiste à faire passer tous les anneaux un par un de la barre verticale de gauche à celle de droite et de les trouver dans le même ordre à la fin qu'au début (Fig. 7), sans qu'à aucun moment un anneau plus gros ne repose sur un plus petit. Les élèves doivent alors **planifier** leurs actions afin de réaliser le moins d'essais possible et, comme pour le Tuxbot, **mémoriser** les essais réalisés. De plus, pour réussir l'activité, il ne faut pas essayer d'aller au plus rapide et mettre tous les anneaux sur la barre verticale de droite ce qui met ainsi en jeu la fonction d'**inhibition**. Le chemin semble le plus direct n'est pas forcément le plus court.

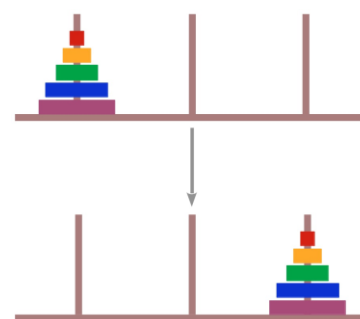


Figure 7 : La tour de Hanoï

Comme pour le Tuxbot, ce travail demande une réflexion intense et de se baser sur ses erreurs pour trouver une solution. Les élèves doivent élaborer mentalement des stratégies avant de les mettre en œuvre. Ils ont besoin de s'organiser spatialement, aussi bien mentalement que physiquement lors du déplacement des anneaux.

Les explications de ce jeu ont été faites en classe entière. Un dessin du jeu avec 3 anneaux au tableau a permis de visualiser la situation puis les élèves ont tenté de résoudre le problème à l'aide de l'ardoise. Lors de cette phase, différentes stratégies de résolution ont émergées : flèches, numéros, effacement des anneaux au fur et à mesure.

Après leurs tentatives, les élèves ont verbalisé leurs essais, ce qui a permis aux élèves plus en difficulté de bien comprendre le principe du jeu. Ils ont ensuite essayé de manière individuelle ce même jeu sur tablette. Trois niveaux ont été proposés avec 3, 4 et 5 anneaux. Pour chaque niveau

réussi, l'élève note le nombre de déplacements (donné par l'application) qui ont été nécessaires pour atteindre l'objectif. Les élèves étaient très motivés par cette activité et avaient envie de résoudre le problème.

La mise en commun a permis de verbaliser les déplacements des anneaux, et ainsi d'utiliser le vocabulaire spécifique lié à l'espace, en détaillant et clarifiant les différentes étapes de leur raisonnement.

Nous pouvons noter ici qu'il existe un rapport entre le nombre d'anneaux (pair ou impair) et la tige sur laquelle doit être déplacée le premier anneau pour atteindre le nombre minimum de coups. Il pourrait être intéressant pour le cycle 3, d'étudier la situation en sens inverse : partir des solutions pour 3, 4 et 5 anneaux et demander aux élèves d'en chercher une règle.

### iii. Les labyrinthes

Le but de cette activité est de tracer le trajet de l'entrée à la sortie du labyrinthe au cours d'un temps donné.

Différents niveaux ont été pensés de par la forme, mais aussi par les dimensions du trajet. Pour commencer, une forme carrée de labyrinthe a été proposée pour faciliter la visualisation du trajet. Puis, une forme triangulaire a été donnée, suivie d'une forme hexagonale. Un trajet plus ou moins long à réaliser pouvait être proposé en fonction des difficultés ou des facilités des élèves.

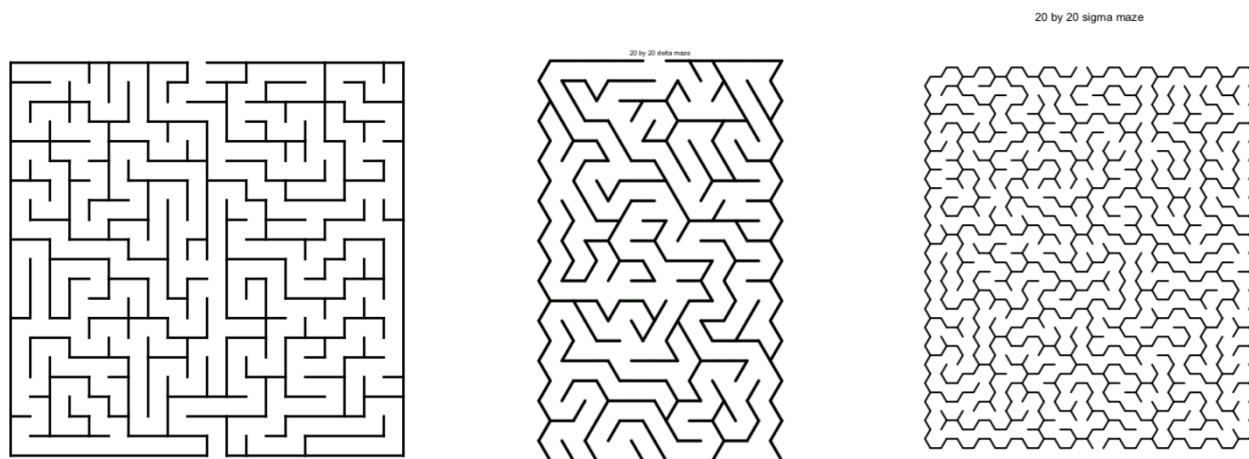


Figure 8 : Les labyrinthes : formes carrée, triangle et octogonale.

Les feuilles ont été distribuées face contre table, puis les élèves avaient 20 secondes pour observer la grille et 20 secondes pour tracer le trajet (Fig. 8). Ce temps préalable au tracé permet de mettre en avant l'**inhibition**, car les élèves n'avaient pas le droit de retourner la feuille ou d'écrire avant le « top départ », et de forcer à la **planification** et la **mémorisation** de celle-ci. La **flexibilité cognitive** est travaillée ici dans le sens où s'ils rencontrent un mur, il faut changer de trajet. Cette

activité demande une réflexion intense pendant une courte durée (2 x 20 secondes) sur une représentation en deux dimensions.

Les élèves sont de suite entrés dans l'activité avec beaucoup de motivation. Elle était proposée en rituel du matin tout au long de la période 4 (mars-avril 2019) et permettait une mise en activité des élèves en arrivant en classe.

**Forme carrée** : 18 par 15 cellules. 20 secondes d'observation + 20 secondes de tracé.

Nous avons constaté une réussite de cette activité par environ 69,7% des élèves : 16 élèves ont trouvé le bon chemin sur 23 élèves au total (Fig. 9a). Cinq élèves (21,7% environ) ont réussi l'activité en changeant de stratégie en cours de route, car ils s'étaient trompés de « chemin » (Fig. 9b). Seulement une élève (4,3% environ) a procédé par essais erreurs sans parvenir à trouver la bonne solution (Fig. 9c) et un dernier élève (4,3% environ) n'avait pas compris la consigne et n'a pas débuté le trajet à l'entrée du labyrinthe. Nous avons un élève dyspraxique dans la classe qui a également réussi seul cette activité. Globalement, les élèves ont trouvé ce premier labyrinthe « trop facile ».

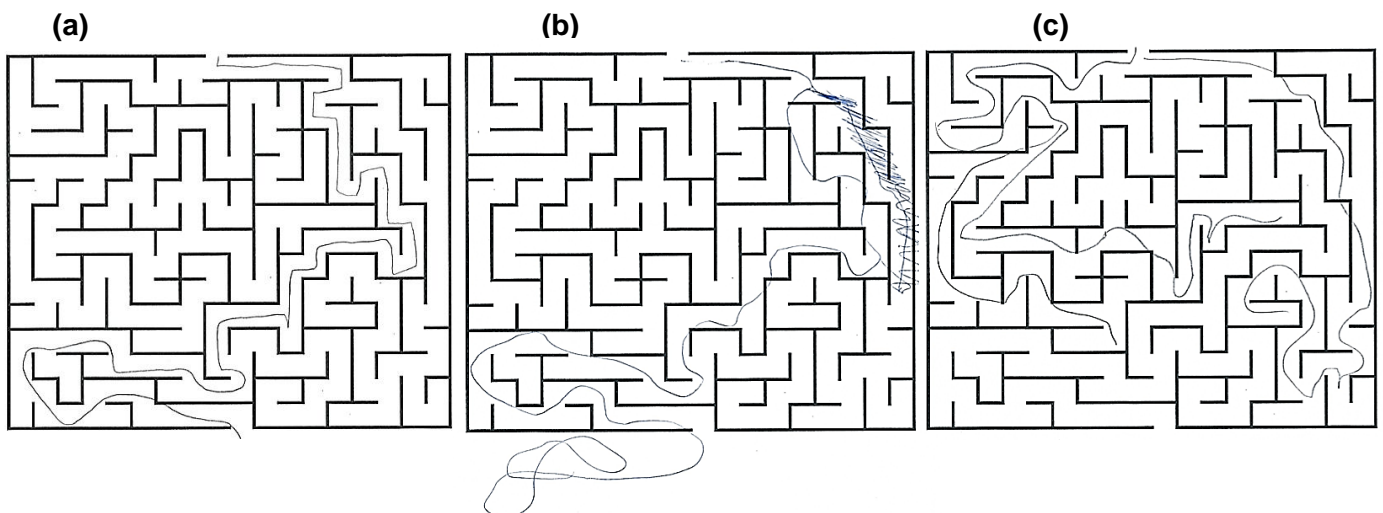
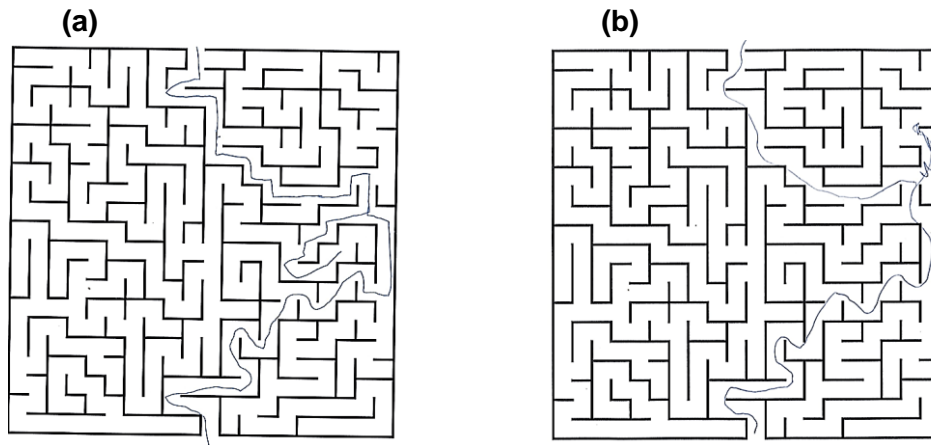


Figure 9 : Les labyrinthes de formes carrées complétés par les élèves : un réussi (a), un autre réussi avec un changement de stratégie (b) et un non réussi avec de nombreux changements de stratégie (c)

**Forme carrée** : 20 par 20 cellules. 20 secondes d'observation + 20 secondes de tracé.

Nous avons constaté une réussite de cette activité par environ 52,4% des élèves : neuf élèves (42,8% environ) ont trouvé le bon chemin sur 21 élèves au total (Fig. 10a). Deux élèves (9,5% environ) ont réussi l'activité en changeant de stratégie en cours de route, car ils s'étaient trompés de « chemin ». On constate alors que certains ont visualisé que ce n'était pas le bon chemin avant d'être bloqués (Fig. 10b). Quatre élèves (19% environ) ont atteint les 80% du parcours. Cinq élèves (23,8% environ) ont réussi moins de 50% du parcours. Seul un élève (4,7% environ) n'a pas du tout été enrôlé dans l'activité et n'a rien tracé.

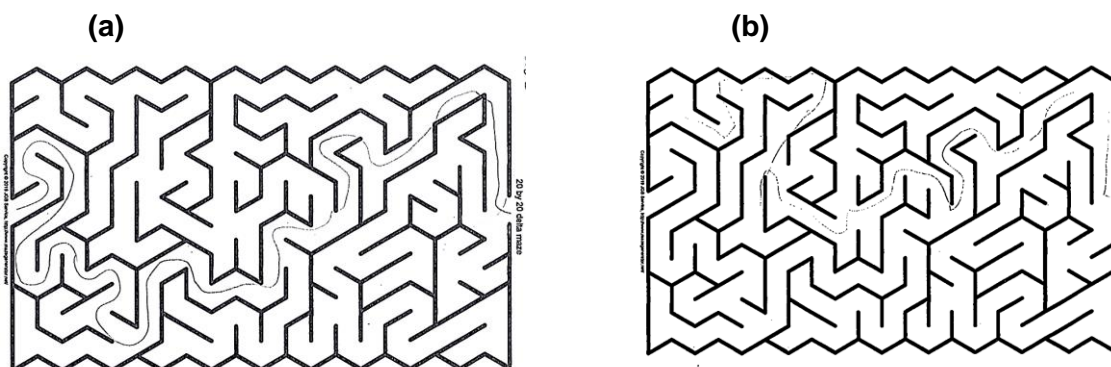




**Figure 10** : Les labyrinthes de formes carrées complétés par les élèves : un réussi (a) et un autre réussi avec un changement de stratégie (b)

**Forme triangulaire** : 20 par 20 cellules. 20 secondes d’observation + 20 secondes de tracé.

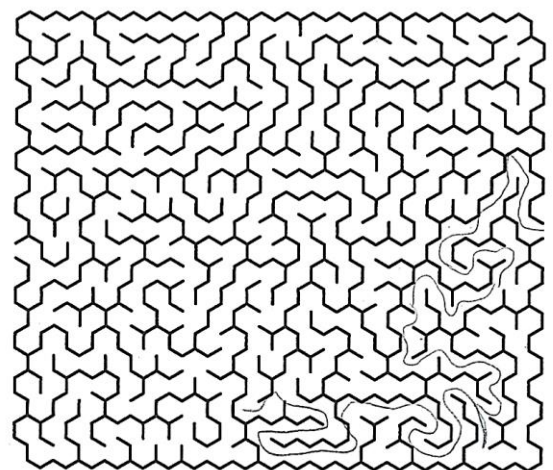
Quatorze élèves sur 20 (70%) ont réussi ce labyrinthe (Fig. 11a). Les 6 autres (30%) n’ont pas réussi à atteindre la fin (Fig. 11b), mais ont tous réalisé au moins 50% du trajet.



**Figure 11** : Les labyrinthes de formes carrées complétés par les élèves : un réussi (a) et un autre réussi à 50% (b)

**Forme hexagonale de petite taille** : 20 par 20 cellules. 20 secondes d’observation + 20 secondes de tracé.

Aucun élève n’a réussi ce labyrinthe (Fig. 12). Au vu de ce qu’ils ont réalisé, nous avons supposé qu’ils n’avaient pas eu suffisamment de temps pour le terminer. Nous leur avons donc laissé plus de temps pour produire l’activité suivante.



**Figure 12** : Labyrinthe hexagonal 20 x 20



**Forme hexagonale grand format** : 30 par 30 cellules. 1 minute d'observation + 1 minute de tracé.

Cette activité a été réussie par 6 élèves sur 23 au total (26,1%), ce qui est inférieur au taux de réussite du labyrinthe de forme carrée. En revanche, nous avons pu constater que bien que le parcours et la configuration soient plus difficiles ici, les élèves ont quand même essayé de réaliser le trajet et nous avons mis ainsi en évidence de nombreux changements de stratégies en vue d'atteindre l'objectif (trouver la sortie). Il y a eu ainsi 8 élèves (34,8% environ) qui ont atteint les 80% du parcours et 4 élèves (17,4%) qui ont atteint 50% du parcours, par essais-erreurs. Cinq élèves (21,7%) n'ont pas réussi du tout l'activité. Une autre stratégie a émergé ici où un élève a tenté de trouver le trajet en le traçant à partir des deux côtés, en vue rejoindre les tracés au milieu (Fig. 13).

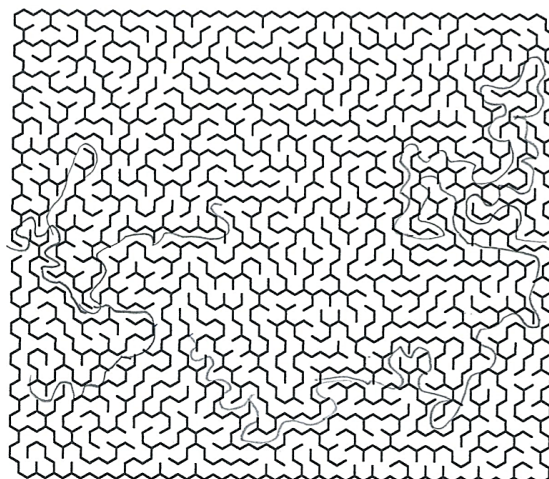


Figure 13 : Une stratégie nouvelle : voyant qu'il n'y arrivait pas par l'un des côtés, l'élève a tenté de commencer par l'autre côté.

Même si la difficulté des labyrinthes augmente, les processus cognitifs sont les mêmes. Ainsi, les élèves peuvent tout de même progresser, comme par exemple pour Enzo, qui n'avait rien essayé pour le deuxième labyrinthe et qui a essayé de multiples chemins pour le dernier (Fig. 14).

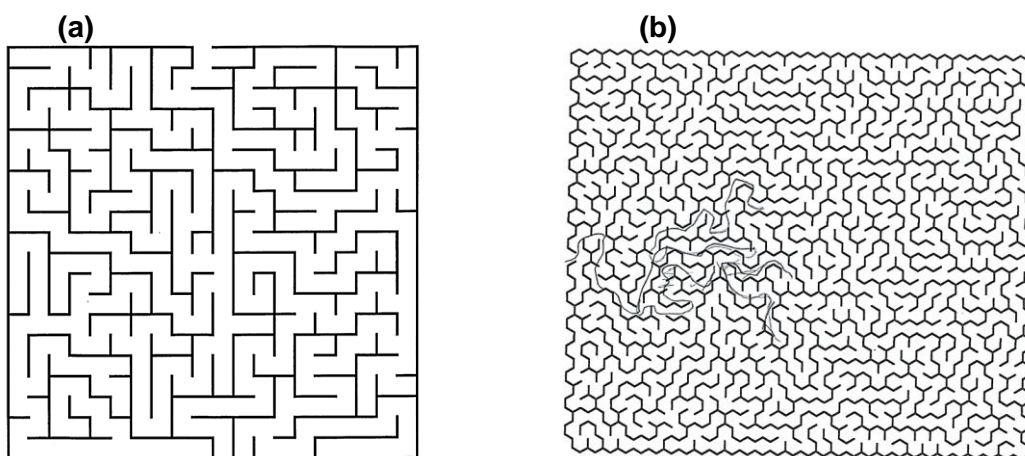


Figure 14 : Les labyrinthes complétés par Enzo

Grâce à ces activités, nous avons pu travailler la **planification**, ainsi que la capacité à changer rapidement de direction lorsque cela était nécessaire : la **flexibilité cognitive**. Les élèves se sont ici entraînés à analyser un trajet avant de se déplacer. Ils **anticipent** leurs actions pour qu'elles soient les plus adaptées possibles pour atteindre l'objectif. Ces points apparaissent lorsque nous avons demandé aux élèves « à quoi sert cette activité ? ». Ils ont dit alors que l'observation lors des 20 premières secondes a servi à repérer son chemin, à s'entraîner. Les élèves ont d'ailleurs dit que cela servait « à prendre le temps de visualiser le chemin, avant de tracer » et que « le jeu permettait de s'entraîner ». Laisser place à l'erreur pour apprendre a permis aux élèves d'être plus détendus.

#### iv. Repérage sur un plan ou sur une carte

Ces activités permettent d'élargir graduellement l'espace de façon progressive et de concrétiser les apprentissages. Les élèves vont alors devoir se représenter l'espace 3D à partir d'une représentation 2D, en tenant compte des dimensions, des orientations et des perspectives. Elles permettent également de travailler l'Éducation Physique et Sportive (EPS) et de s'orienter et s'organiser spatialement à partir d'un plan.

#### v. Plan et quadrillage

Après avoir étudié le codage des cases du jeu d'échecs, les élèves ont appliqué ce principe pour le plan (Fig. 15). Ils ont dû coder des lieux sur un plan et indiquer quel lieu se situait dans la case donnée. Il s'agissait également de faire correspondre une vue du plan en deux dimensions, à une vue aérienne. L'élève doit ainsi se repérer dans

chacun des 2 espaces et donc faire constamment l'aller-retour entre ces 2 vues différentes. Les élèves travaillent ici la **flexibilité cognitive** par le changement de point de vue. Celle-ci est travaillée de la même manière lorsqu'il faut passer du jeu d'échecs sur le plateau réel, au diagramme et *vice-versa*. Il s'agit également de **mémoriser** afin de visualiser mentalement l'espace.

Exercice 1 : En m'aidant de la photographie et du plan, je réponds aux questions suivantes.

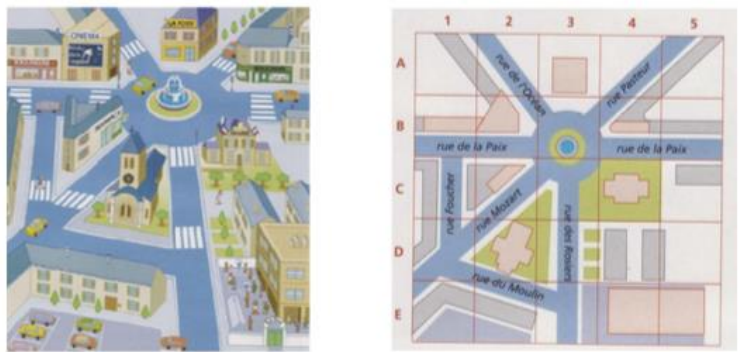


Figure 15 : Exercice d'application codage dans le plan  
Exemples de questions

- a) Dans quelle rue se trouve la pharmacie ?
- d) Écris les coordonnées de la boulangerie ( \_\_ ; \_\_ )

#### vi. Le plan de Moscou

Le déplacement sur le plan a été travaillé en lien avec la discipline « questionner le monde ». En effet, les élèves ont dû réaliser une course d'orientation dans la ville de Moscou, à l'aide d'un plan du centre-ville (Fig. 16) et de 4 énigmes qui les amenaient à se déplacer dans la ville. Il s'agissait de s'orienter dans l'espace, en prenant des repères par rapport à soi-même



Figure 16 : Plan du centre-ville de Moscou

#### ***Parcours dans Moscou !***

*Je me réveille sur la place rouge. Je suis devant le Mausolée de Lénine. Le Kremlin est derrière moi. Que vois-je en face de moi ?*

(devant moi, derrière moi), mais aussi par rapport aux différents lieux entre eux. Les élèves, par groupe de 4 ou 5, cherchaient le lieu réponse, puis venaient donner leur réponse au PE. Cette réponse leur donnait accès à l'énigme suivante, qui débutait de ce lieu réponse. La fonction de **mémorisation** était ainsi également sollicitée.

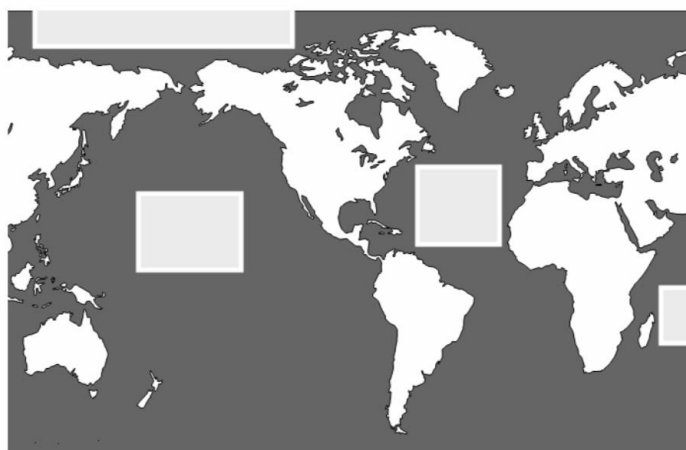
Un groupe a eu des difficultés lors de cette activité, car le groupe n'arrivait pas à travailler ensemble. De plus, le vocabulaire spécifique a été compliqué à comprendre pour les élèves : « je suis devant ... » ; « qu'est-ce que j'ai en face de moi ? ». Ils avaient du mal, au début, à se mettre à la place du personnage dans le plan.

Une répétition du vocabulaire leur a permis d'identifier les points de vigilance. Ils devaient également, entre eux, argumenter à l'oral sur les différentes positions et points de vue.

Une fois la première énigme réussie, les élèves arrivaient à réaliser l'activité avec plus de facilité et à s'orienter. Ils devaient, par exemple, s'imaginer en train de sortir d'un bâtiment et de s'orienter dans telle ou telle direction. L'activité avec le Tuxbot pouvait permettre ici aux élèves de s'entraîner à se mettre à la place du personnage dans le plan.

### vii. Carte continents océans : globe, planisphère avec changement de point de vue

Le but de cette activité était de mémoriser l'emplacement des différents continents et océans. Les élèves ont pu les visualiser sur le globe terrestre et sur différents planisphères. La difficulté de cet exercice consiste à ne pas seulement retenir le nom des différents continents et océans en fonctions d'un seul point de vue, mais de pouvoir les situer les uns par rapport aux autres, quel que soit le point de vue (Fig. 17). Cette difficulté est d'autant plus présente que les élèves ont l'habitude de voir le planisphère de type Mercator et centré sur l'Europe. Cela nécessite donc la **mémorisation**, mais aussi l'**inhibition** afin de ne pas placer directement les différents océans « comme les élèves ont l'habitude de les voir ».



INDIQUE LE NOM DES OCÉANS SUR LA CARTE : OCÉAN PACIFIQUE, OCÉAN INDIEN, OCÉAN ATLANTIQUE, OCÉAN ARCTIQUE

**Figure 17** : Exercice sur les continents et océans. Le point de vue est inhabituel car non centré sur l'Europe.

Lors de la première évaluation, certains élèves n'ont pas fait attention à la carte qui leur a été présentée et ont simplement écrit les noms des continents et océans comme ils ont l'habitude de les

voir. Ils n'ont donc pas mis en relation les différents éléments de l'espace. Nous avons donc choisi de faire de cet exercice une évaluation formative. À la suite de cela, des exercices ont été distribués aux élèves afin qu'ils identifient la forme de chaque continent. De plus, ils ont dû replacer les continents et océans en s'aidant du globe terrestre ou du planisphère et en regardant les éléments qui étaient proches. Ce travail a été précédé par un exercice à l'oral sur le même principe : situer sur la carte ou le globe un océan, et dire par quels continents il est entouré ; situer un continent et dire quel(s) océan(s) le borde(nt). Cet exercice a permis aux élèves de clarifier à la fois l'objectif et des méthodes possibles. Ils ont donc beaucoup plus prêté attention à la disposition des différents éléments et aux relations entre eux.

### **viii. Course d'orientation**

En période 2, une séquence de course d'orientation a été organisée. La course d'orientation est une course individuelle ou en petit groupe, dans un temps limité. À l'école elle s'effectue d'abord en terrain connu pour aller vers des terrains inconnus, mais qui permettent toutefois à l'élève de se déplacer en toute sécurité. Il s'agit de se servir d'un support de référence, comme une photo ou un plan pour retrouver des balises ou des indices. L'enjeu de cette activité est donc de prendre des informations sur l'environnement proche et sur le support de référence, faire coïncider ses informations, afin de pouvoir se repérer, s'orienter, se déplacer et atteindre l'objectif. Le terme « course » implique que la prise d'information et les prises de décisions qui s'en suivent doivent être réalisées dans un temps optimal. Les fonctions exécutives des élèves sont donc sollicitées intensément. Ils doivent en effet s'informer, sélectionner les informations importantes : le contrôle **inhibiteur** apparaît, car il faut faire abstraction des informations inutiles et adapter son allure en vue d'atteindre l'objectif. L'**inhibition** passera donc également par une bonne connaissance de soi.

Au cours de cette période, une course d'orientation en terrain inconnu des élèves a été organisée, afin de constater l'acquisition ou non des compétences de repérage dans l'espace travaillées jusque-là. Elle a eu lieu au Fort de Serrat d'en Vaquer de Perpignan.

Pour ce mémoire, nous nous sommes principalement appuyées sur une des activités : le « je vois je ne vois pas », que nous a fourni l'Union Sportive de l'Enseignement du Premier Degré (USEP). Le principe était ici d'analyser une photo, puis, de mémoire, trouver l'endroit où cette photo a été prise, bien regarder autour de soi et revenir au lieu de rendez-vous. À leur retour, nous leur avons posé des questions concernant les éléments qu'ils avaient vus sur le lieu de la photo. Par exemple : « as-tu vu un robinet ? », « voyais-tu la ville de Perpignan ? », « y avait-il une grande porte bleue ».

Pour suivre le principe d'une **pédagogie explicite**, les stratégies prévues et utilisées étaient expliquées avant, pendant et après l'activité, en classe entière, mais aussi dans chaque groupe de 4 élèves : « comment allez-vous procéder ? », « comment avez-vous fait pour vous remémorer le lieu et les éléments présents lorsqu'on vous a posé la question au retour ? ».

Cette activité est en lien avec des exercices que nous avons fait sur le jeu d'échecs. Le premier consiste à mémoriser la position initiale des pièces sur l'échiquier (Fig. 18). Cette position est particulière, puisque chaque camp est disposé de la même façon, symétriquement. La Dame sert de repère (la Dame doit être positionnée sur sa couleur). Il y a donc deux ensembles, que l'on peut décomposer en considérant d'abord le Roi et la Dame, puis deux ensembles symétriques de chaque côté (Tour, Cavalier, Fou) et enfin

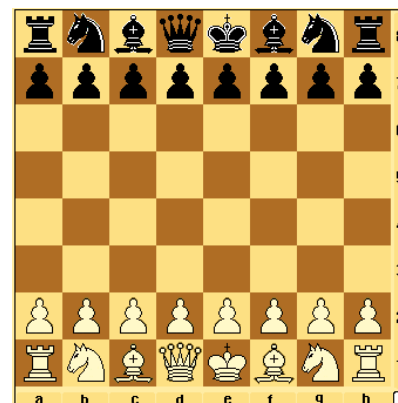


Figure 18 : Position initiale aux échecs

la rangée de pion devant. Cette technique de mémorisation par ensemble, appelée « chunking », citée par Michel Noir (2002), se développe avec l'apprentissage du jeu d'échecs. En effet, les joueurs d'échecs ont tendance à mémoriser plus d'éléments que les non joueurs, qui retiennent environ 5 items. Quand cette position initiale a été mémorisée, nous avons travaillé sur des positions de jeu. Dans cette activité, les élèves avaient tendance à mémoriser les relations entre les pièces mais à ne pas réussir à les replacer correctement sur l'échiquier. Ils avaient donc du mal à faire le lien entre les éléments et l'environnement en lui-même.

Le travail de reconnaissance des photographies et des éléments présents dans ces lieux a fait apparaître une multitude de comportements des enfants. Certains élèves se voyaient dans le lieu de la photographie et parvenaient à visualiser tous les éléments autour. D'autres ont dû retourner voir le lieu correspondant car ils ne se rappelaient plus de ce qu'ils avaient vu.

Les photographies posent des problèmes de repérages aux enfants ce sont des représentations en deux dimensions qui ne permettent pas de visualiser ce qu'il y a derrière ou sur les côtés du photographe. Ce jour-là, les élèves ont cependant réussi à replacer ces photos sur le plan, en arrivant à se projeter grâce aux informations données par celui-ci.

## ix. Programmes de construction en mathématiques

Les constructions de figures géométriques font fortement appel aux compétences de repérage dans l'espace. Cela a donc été travaillé avec les élèves afin de développer leur capacité de **planification**, par l'élaboration et le suivi de programmes de construction. Un problème géométrique a également été posé aux élèves. Il s'agissait de reproduire une figure au compas et à la règle (Fig.



19). La reproduction de cette figure implique l'analyse préalable de la figure, pour repérer comment elle a été faite afin de la reproduire. De nombreux exemplaires de la fiche d'exercice étaient disponibles pour que les élèves puissent procéder à plusieurs essais sans la contrainte du gommage qui effacerait le quadrillage et rendrait donc la réflexion et la résolution plus compliquée.

L'activité a au départ paru impossible aux élèves. Puis la réussite d'un élève a permis de montrer aux autres qu'il y avait bien une solution. Ainsi, les élèves ont continué à chercher et beaucoup ont réussi à trouver. Pour certains, la réflexion était bonne mais manquait de précision, peut-être due à une mauvaise utilisation des outils.

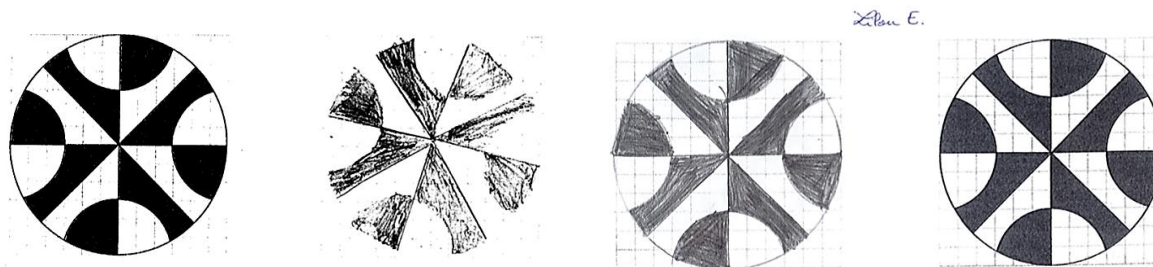


Figure 19 : Problème de construction

## **B. La verbalisation, un enjeu primordial : pédagogie explicite, métacognition et évaluation**

### *a. Explicitation et métacognition avec les élèves*

Comme le mentionnent de nombreuses fois les programmes, il est important que la **pédagogie** utilisée avec les élèves soit **explicite**, pour faciliter leur compréhension. Le principe de la pédagogie explicite est de suivre et guider les élèves tout au long de leurs apprentissages, avant, pendant et après la mise en œuvre. Les élèves doivent donner du sens à ce qu'ils font et qu'ils comprennent pourquoi ils ont réalisé la tâche, en verbalisant le plus possible leurs stratégies. Il est donc nécessaire qu'ils comprennent dans un premier temps pourquoi nous leur demandons d'apprendre à jouer aux échecs. Ainsi, pour chaque activité, les objectifs ont été détaillés avec les élèves au travers différentes questions :

- D'après vous, pourquoi fait-on cette activité ?
- D'après vous, pourquoi apprend-t-on à jouer aux échecs ?
- Que développons-nous comme compétences au travers de ces activités ?
- Quelles stratégies allez-vous utiliser pour résoudre la situation-problème ?
- Quels liens faites-vous avec les autres disciplines ? Avec les jeux d'échecs ? Avec la course d'orientation ?
- Quels liens faites-vous avec la vie quotidienne ?

Les stéréotypes ont resurgi de suite. Les premières réponses stipulaient que le jeu d'échecs était pratiqué par les personnes âgées. En réorientant un peu la question pour les resituer à aujourd'hui, les élèves ont dit que ces jeux leur font travailler « la patience » : qu'il « faut se contrôler pour ne pas s'énerver », « la concentration », « la géométrie », « la logique », « chercher ce qu'on pourrait faire pour gagner » (stratégie), « accepter de perdre ou de gagner » et « être bon joueur ». Apparaissent ainsi différentes fonctions exécutives, comme l'**élaboration d'une stratégie** par une **planification**, l'attention et le contrôle, l'**inhibition**. Pour le moment, les élèves n'ont pas parlé de **mémorisation**, ce qui viendra sûrement plus tard. Parmi les fonctions exécutives, on compte également la **flexibilité cognitive**, qui consisterait ici à changer de stratégie si celle prévue au départ n'est plus possible. Aucune notion de différences fille/garçon n'a été relevé par les élèves.

Les mots clés retenus lors de ces échanges sont : « se contrôler », élaborer une « stratégie » et « s'organiser » et « être *fair play* ».

### *b. L'évaluation*

Ces questions posées aux élèves permettent alors de construire avec eux une grille d'évaluation (Fig. 20). Ils pourront ainsi s'autoévaluer et se co-évaluer. Cette construction est progressive, dans un premier temps individuelle et modulable : « d'après vous, que travaille-t-on comme compétences ? ». Cela a permis aux élèves de prendre conscience des fonctions exécutives en jeu, mais surtout qu'ils les comprennent, afin de pouvoir remplir d'eux même les objectifs visés et de s'autoévaluer par la suite. Il était nécessaire ici d'adopter une posture de lâcher-prise.

### *c. Comment les élèves font-ils le lien entre les activités et disciplines ?*

Les élèves font le lien entre les jeux d'échecs et la **lecture** pour ce qui est de raconter une histoire. En effet, lorsqu'ils doivent remettre les événements de l'histoire dans l'ordre (à l'écrit et avec des images), ils ont besoin de planifier dans le temps et dans l'espace leur écrit dans leur tête avant de le poser sur papier. En **EPS**, lors de l'activité du petit train, les élèves font un rapprochement avec la notion d'accepter de modifier sa vitesse pour que tout le monde puisse suivre. Faire gagner l'équipe et accepter de perdre.

Dans les grilles de compétences remplies par les élèves (Fig. 20), nous avons pu constater qu'ils sont conscients de la manière dont ils procèdent pour mémoriser, planifier et changer leurs stratégies, ainsi que pour se contrôler.

	Jeu d'échecs	Géométrie	Repérage sur le plan ou labyrinthe	Course d'orientation	Résolution de problèmes
Mémorisation	on pour faire regarder et regarder et après on l'aura dans la tête	pour mémoriser il faut regarder et regarder et après on l'a mémorisé	→	→	→
Planification, stratégie					
Savoir changer de stratégie	moi je vois que ça ne marche pas est et après j'essaie et je vois si ça marche pour être concentré	moi je vois que ça ne marche pas et après j'essaie et je vois si ça marche	→	→	→
Etre concentré, se contrôler	il faut écouter etc. pour se contrôler il faut garder son calme et ne pas énerver		→	→	→

Figure 20 : Grille de compétences construite et complétée par les élèves. Les flèches signifient que les compétences mises en œuvre sont identiques quelles que soient les activités réalisées

En effet, d'après eux, pour **mémoriser** il faut « regarder un modèle pour pouvoir faire pareil », « répéter les actions (en regardant ou en faisant) jusqu'à ce qu'on y arrive, sans se décourager » et « être dans une posture qui permette de mémoriser » : « écouter », « réfléchir » et « comprendre ». Une élève mentionne qu'il faut observer certains endroits plus en détail, sur un plan par exemple, pour bien les mémoriser. Pour **planifier**, il est nécessaire de « réfléchir ». Beaucoup d'élèves « regardent les autres » ou « discutent avec les autres ». D'autres encore « demandent de l'aide [s'ils] n'y arrivent pas ». Concernant les stratégies du jeu d'échecs, quelques enfants arrivent à envisager leurs coups en fonction de ce que l'adversaire pourrait faire. Quand cela est nécessaire certains élèves parviennent à se rendre compte du moment où il faut **changer de stratégie** : « je vois que ça ne marche pas », « quand une stratégie ne marche pas, je la change », « je teste dans ma tête avant d'écrire sur ma feuille ». Un élève de la classe pense à prévoir « au moins deux stratégies au cas où la première ne fonctionne pas ». Au cours du jeu, il faut **être concentré et se contrôler**. Dans ce cas, les élèves parlent de deux éléments différents. Dans un premier temps, les termes « se contrôler »,



« rester calme », « ne pas s'énerver », « ne pas être mauvais perdant » apparaissent. Ils ont ainsi conscience que lors du jeu d'échecs ou des activités il faut **contrôler ses émotions**. Dans un deuxième temps, les élèves parlent du fait d'« être concentré sur le jeu », de « ne pas être perturbé pour rien » et de « ne pas aller trop vite ». Dans ces deux cas, la **fonction d'inhibition** peut être évoquée, d'une part concernant les émotions et d'autre part, concernant la nécessité de résister aux stimuli extérieurs. La grille a également permis à quelques élèves en difficulté de **se rendre compte de leurs erreurs**. En effet, certains disent « je ne suis jamais concentrée » ou d'autres disent encore « je ne fais que m'énerver ». Le fait qu'ils aient conscience de leurs erreurs aujourd'hui permet de commencer à les résoudre.

Enfin, d'autres élèves encore se sont servis de la grille comme **retour métacognitif** sur ce qu'ils ont fait et appris. Cela permet ainsi de les valoriser, surtout pour certains qui doutent de leurs capacités.

Dans trois grilles, les premières cases à gauche sont remplies et des flèches sont présentes dans les autres cases (Fig. 20). Ils ont donc conscience que certaines compétences sont identiques, quelles que soient les activités pratiquées ici.

Nous avons remarqué que quelques élèves ont laissé des cases vides. En effet, nous leur avons dit qu'ils n'étaient pas obligés de remplir toutes les cases. Ainsi, soit ils ne savaient pas quoi écrire, soit ils n'ont pas eu le temps de le faire ou bien d'autres encore n'avaient tout simplement pas envie.

## **IV. Analyse du travail effectué : adaptations, difficultés et prolongements**

### **A. Le rôle du professeur des écoles**

Il doit savoir piloter ses cours, créer une atmosphère propice aux apprentissages visés, et apporter du tissage en ayant préparé à l'avance les possibles réactions des différents élèves, afin de répondre directement à leurs besoins momentanés. C'est aussi grâce à cela qu'il peut prendre conscience des différents progrès des élèves. Effectivement, pendant la séance, il peut observer et aider plus particulièrement un élève dont il sait que le niveau est plus faible que celui des autres. Cela lui permettra de suivre l'élève au plus près, en insistant sur les réussites qu'il réalise, quelles qu'elles soient. Il adopte ainsi différentes postures enseignantes. Sur ce sujet-là, Bucheton et Soulé (2009) ont écrit un article dans lequel ils décrivent et explicitent ces postures, qui viennent au service des apprentissages des élèves. Ils en identifient 6 pouvant permettre à l'enseignant de venir en aide aux élèves selon leurs besoins spécifiques : la posture de contrôle (pilotage), de contre-étayage, d'accompagnement, d'enseignement, de lâcher-prise, et du « magicien » (« savoir [...] à deviner »). Ces différentes postures adoptées par l'enseignant interviennent à tous les moments dans une séance, afin de s'adapter à tous les élèves ; elles sont utilisées successivement et en accord suivant les situations vécues. Aussi, Fayol et Florin (1986) indiquent que les participations de l'enseignant sont guidées par différents objectifs qu'il vise. Ainsi, soit son discours et ses actions dominant ceux des élèves en prenant une posture de contrôle, auquel cas les élèves sont plutôt en écoute, soit il veut favoriser les échanges avec et entre les élèves en se mettant en retrait, c'est-à-dire dans une posture de lâcher-prise.

### **B. Contrôle, pilotage et lâcher prise**

Par le jeu d'échecs, l'enseignant a une posture différente de sa posture habituelle et enrôle plus efficacement les élèves. En effet, comme le rappelle le Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (2016) dans le document « les mathématiques par le jeu », « le jeu est naturel chez la plupart des enfants [...] mais aussi des adultes ». Malgré les *a priori* que les élèves peuvent avoir au début sur ce jeu, ils se prêtent volontiers à la manipulation des pièces, ce qui les amène à vouloir connaître les règles du jeu. Celles-ci sont un point important de l'activité : tous les jeux comportent des règles et celles-ci posent le cadre de l'atmosphère de travail. Les élèves se régulent entre eux. En effet, ils n'aiment pas perdre et font donc attention au respect des règles par chacun. Mais l'enseignant doit veiller à ce que l'esprit de compétition ne nuise pas à l'apprentissage. Le fait de donner un échiquier par groupe de quatre, sans limiter les parties dans le temps, a permis

au départ de se décentrer du simple fait de perdre ou gagner, pour se focaliser sur l'expérience du jeu. Les échanges donnent aux élèves la possibilité d'avancer avec l'aide de leurs pairs et donc de se maintenir dans l'activité. Pour cela, l'enseignant doit veiller au bon fonctionnement des groupes et notamment au moment de leur formation.

Pour chaque activité proposée, la règle de jeu est d'abord posée par l'enseignant, du point de vue du temps, avec l'heure de début et l'heure de fin, du dispositif (en groupe, en binôme, individuellement), du matériel (matériel disponible, rangement du matériel et notamment des pièces d'échecs) et de l'objectif d'apprentissage (« pourquoi fait-on cette activité ? » ; « que cherche-t-on à développer aujourd'hui ? »), puis les élèves sont libres d'évoluer dans le jeu, à leur rythme. Cette liberté apparente nécessite un lâcher-prise de la part de l'enseignant, qui devra alors tolérer du bruit naissant des échanges entre les élèves, des déplacements dans la classe. Cependant, elle est essentielle pour que les élèves puissent conduire leur réflexion, se tromper et réessayer. Le procédé par essais-erreurs est important concernant le travail sur la flexibilité cognitive. En effet, changer de stratégie, autrement dit, constater que la stratégie que l'on a effectuée ne fonctionne pas et en mettre une autre en œuvre, est une fonction qui nécessite avant tout de pouvoir analyser ses actions et les mettre en relation avec l'objectif visé. En changeant de stratégie, l'élève apprend à trouver un autre chemin, à changer de point de repère et à se déplacer autrement en fonction de l'espace.

### **C. Enseignement, accompagnement et verbalisation**

L'apprentissage du jeu d'échecs entraîne les fonctions exécutives. L'enseignant accompagne les élèves dans la verbalisation sur leurs stratégies, leurs difficultés et fait prendre conscience du rôle des différentes activités. Les élèves mettent alors en lumière ces fonctions. Il est difficile de dire s'ils sont plus à même de les utiliser après cela, mais ils ont démontré qu'ils identifiaient clairement les fonctions en jeu, et qu'ils pouvaient les mettre en relation avec les activités des différents jeux et des disciplines scolaires.

De plus, la verbalisation a aidé à la métacognition. Nous avons pu constater dans les labyrinthes, que parmi les élèves qui ont réussi le plus difficile, se trouve deux élèves qui ont des difficultés en mathématiques, notamment en résolution de problèmes (Zoé) et en repérage dans l'espace (sauts de lignes en lecture pour Jade). Ces deux élèves ont régulièrement verbalisé sur leurs difficultés. Le rôle de l'enseignant est d'abord d'identifier ses difficultés, afin que l'élève puisse les comprendre. Il doit aussi les mettre en relation avec les difficultés observées par d'autres élèves, ou dans d'autres disciplines, afin que l'élève puisse évacuer psychologiquement ses difficultés. De la même manière que dans le procédé par essais-erreurs, le fait d'analyser ses erreurs amène l'élève à

avancer. Verbaliser ses difficultés doit apparaître comme une force pour l'élève pour s'améliorer. Cela lui permet également de les mémoriser pour ne pas les reproduire et ainsi de les surmonter. Enfin l'enseignant accompagne l'élève dans une recherche de solution, soit en le questionnant : « est-ce que tu aurais pu faire autrement ? » ; soit en questionnant ses pairs : « et toi comment as-tu fait ? ».

La verbalisation permet également l'institutionnalisation des méthodes et solutions pour perfectionner les fonctions exécutives. Par exemple, pour l'inhibition, il est possible de faire le parallèle avec la vie de tous les jours, et les relations aux autres : « il faut de la patience », « ne pas s'énerver, avec des frères et sœurs, sa famille ou ses amis ». Des élèves avouent perdre parfois patience, d'autres évoquent des stratégies pour se contrôler : respirer, fermer les yeux, méditer (nous avons pratiqué la méditation de la grenouille en classe) (Snel, 2012).

#### **D. Adaptation des contenus et aménagement de l'espace de la classe**

Bien que le jeu d'échecs soit un outil intéressant, il convient de l'adapter pour chaque classe. Tout d'abord il nécessite une adaptation matérielle. Il doit être possible de regrouper tous les élèves autour d'un même échiquier mais aussi de pouvoir laisser aux élèves des échiquiers individuels ou de groupe. Ainsi, la taille de ceux-ci est importante. N'ayant pas pu avoir d'échiquier mural, nous avons travaillé sur un grand échiquier de 43 x 43 cm, ce qui permettait tout de même de réunir tous les élèves autour pour la phase de découverte et les phases d'explication collective. Nous aurions également pu utiliser le vidéoprojecteur de la classe, mais il paraissait important de débiter sur un plateau « réel », avec des pièces préhensibles, pour que les élèves aient une bonne représentation de l'espace de jeu. Les allers retours entre cet échiquier de regroupement, les échiquiers individuels et les diagrammes ont permis de passer du micro-espace au méso-espace (Brousseau, 2000) régulièrement, ainsi que d'un espace en 2D à un espace en 3D, dans des formats différents, puisque les échiquiers élèves sont plus petits que l'échiquier de regroupement. Il est important de noter que ce dernier reste à disposition des élèves, comme espace de référence (pièces placées ou non).

Tout comme l'espace de la classe, les contenus doivent être adaptés. En effet, le jeu d'échecs est un jeu difficile de par les nombres de pièces à prendre en compte. Ainsi, l'enseignant doit s'adapter au rythme des élèves pour les garder dans l'activité. Par exemple, pour les diagrammes, nous sommes restés à des diagrammes avec moins de 10 pièces sur l'échiquier et avec une consigne simple : « les blancs jouent et font mat en un coup ». Cela permet également d'éviter une surcharge cognitive, inutile pour l'élève. Tout comme les diagrammes, les activités de Tuxbot et Tour de Hanoï sont évolutives : l'élève passe au niveau supérieur à chaque réussite. Ainsi, le contenu est toujours adapté à l'élève. Pour l'activité du labyrinthe, il a été choisi de faire jouer tous les élèves sur un même niveau

en même temps. Le rôle de l'enseignant a alors été de préciser que ce n'est pas grave si le labyrinthe n'était pas fini et qu'il fallait aller le plus loin possible. Ici, la différenciation passe par une adaptation de l'objectif, qui n'est pas pour l'enseignant que chaque élève finisse le labyrinthe, mais il fallait qu'il planifie son déplacement. Pour l'élève, le but était d'aller le plus loin possible.

En conclusion, le jeu d'échecs permet une approche différente des enseignements habituels, et permet de raisonner au sein du micro-espace et du méso-espace. La verbalisation joue un rôle capital dans l'utilisation du vocabulaire spécifique à l'espace, comme l'identification des difficultés et la mise en lumière des fonctions exécutives utilisées. L'élève accepte alors que le but du jeu soit d'entraîner ces fonctions et comprend le principe de les réutiliser pour d'autres activités autour de l'espace. Les situations variées et adaptées permettent de maintenir l'élève dans l'activité et de prendre du recul pour ainsi décontextualiser une tâche, l'analyser et la recontextualiser. Ce recul est nécessaire à la fois pour l'élève, car il clarifie les procédures et favorise les réussites, mais également pour l'enseignant, qui garde ses objectifs en vue et reste dans le cadre des programmes.

## **E. Prolongements**

### *1. Du point de vue des activités*

#### ***En Éducation Physique et Sportive :***

L'objectif de ce mémoire étant de savoir si la pratique des jeux d'échecs permettait une amélioration des fonctions exécutives, notamment la mémorisation, l'inhibition, la planification ainsi que la flexibilité cognitive, transférables aux compétences de repérage dans l'espace, d'autres activités auraient été intéressantes à mettre en place, comme une course d'orientation en étoile par exemple. Lors de cette activité, une carte donnant la position de chaque balise serait positionnée au centre de tous les parcours et les élèves devraient aller chercher le maximum de balises pendant un temps donné. Les élèves ici auraient le droit, en observant la carte une fois, d'aller chercher autant de balises qu'ils le veulent. Ainsi, en améliorant la flexibilité cognitive et les capacités de planification, ils pourraient imaginer des stratégies comme le fait d'aller chercher plusieurs balises en même temps, afin d'aller plus vite. De plus, le fait d'améliorer leur mémorisation leur permettrait de retenir de manière plus efficace et en plus grand nombre les balises à aller chercher. Il serait donc possible d'observer une évolution de l'amélioration des fonctions exécutives, ainsi que des compétences de repérage dans l'espace.

### ***En Géographie :***

Les questions que nous nous sommes posées sur le repérage dans l'espace ont mis à jour une tendance des élèves à retenir par cœur sans comprendre réellement. Cela a été le cas lors de l'activité de placement des continents et des océans sur la carte, où les élèves, malgré le changement de point de vue de la carte, ont eu tendance à replacer les continents et océans comme ils les avaient vus avant et donc sans tenir compte du changement. Ils les ont donc placés sans tenir compte des relations entre eux. Ces activités devraient être plus développées en géographie pour permettre aux élèves de penser depuis un autre point de vue, et prendre en compte toutes les données. Ces habitudes pourraient aider les élèves à mieux comprendre certaines situations de leur quotidien, et plus tard certaines situations géographiques ou géopolitiques.

### ***En TICE :***

Les TICE peuvent permettre une différenciation. En effet, de nouveaux outils pédagogiques apparaissent de plus en plus, afin d'aider les élèves dans leurs apprentissages ou bien pour apprendre autrement. La Bee-Bot, par exemple, est un robot d'éducation élaboré au départ pour des classes de maternelle, dans le but de permettre aux enfants dès 4 ans de se repérer dans l'espace, en découvrant de manière ludique les premières bases de la robotique, de la programmation d'algorithmes, et des spécificités des robots. Pour ce faire, il suffit que l'enfant visualise le trajet que doit faire Bee-Bot sur un tapis divisé en cases, et le programme par avance en appuyant sur les bonnes flèches. Il appuie ensuite sur « OK » pour que Bee-Bot se mette en route et que l'enfant puisse ainsi vérifier qu'il n'a pas fait d'erreur. Par cette activité, l'élève doit se mettre « à la place » du robot pour imaginer son trajet. Celle-ci pourrait donc servir de différenciation pour les élèves en difficulté sur l'utilisation de Tuxbot.

Une nouveauté s'inscrit dans le SCCCC, ainsi que dans les nouveaux programmes de cycle 3 « cycle de consolidation », où tous les enseignants sont invités à « initier [leurs élèves] à la programmation ». Les apports de la pratique des jeux d'échecs sont alors mis en avant dans la construction de ces compétences attendues au sein des programmes. Le jeu devient ainsi un atout efficace dans la construction du parcours des élèves (Raguet, 2017). « Apprendre en jouant », fortement recommandé aujourd'hui, est un fait inscrit dans les programmes. Certains élèves utilisent d'ailleurs le logiciel Scratch pour programmer des situations autour du jeu d'échecs, qui pourraient être utilisées pour impliquer les parents dans les apprentissages, car ils pourraient jouer ensemble à la maison.

## *2. Du point de vue du temps de récolte des données*

Les données que nous avons analysées, doivent être remises dans le contexte de leur récolte. Tout d'abord, beaucoup de variables entrent en jeu dans l'évolution des résultats, et notamment le développement de l'enfant. Nous ne pouvons pas affirmer que seuls les apprentissages autour du repérage dans l'espace ont permis de faire évoluer les résultats. Dans la période de test, les élèves ont aussi gagné en maturité, se sont développés, ce qui pourraient aussi expliquer ces résultats.

De plus, le temps de récolte a été court (de décembre à mai), les activités n'ont eu lieu qu'une seule fois par semaine et les données n'ont été récoltées que sur une seule classe. Il conviendrait donc d'allonger l'expérimentation en travaillant sur un cycle complet, voire sur plusieurs cycles. En effet, les compétences peuvent mettre du temps à se développer et sont en lien avec le développement de l'enfant. Il serait également intéressant de constater si ces compétences travaillées en élémentaire peuvent favoriser la réussite des élèves au collège. Le Ministère de l'Éducation nationale proposant même de commencer le jeu d'échecs dès la maternelle (Blanquer, 2012), il serait alors possible de voir si cela permet d'améliorer la réussite des élèves en élémentaire. Cependant, une expérimentation intercycle nécessite une collaboration entre les enseignants de chaque cycle, les partenaires de l'école et les parents d'élèves. C'est pourquoi il serait intéressant de proposer l'apprentissage du jeu d'échecs comme projet d'école et développer un protocole d'expérimentation plus appropriés : une étude sur plusieurs classes différentes dont une classe témoin, et ce, sur plusieurs années ou sur plusieurs cycles. Les données seraient ainsi plus exploitables. Dans cette optique, nous pourrions également développer des applications qui permettraient une récolte des données adaptée. En effet, lors de la récolte des données de Hanoi, nous étions obligées de rester à côté des élèves pour noter le nombre de mouvements et augmenter le nombre d'anneaux. Il serait donc intéressant de posséder une application enregistrant directement les données pour chaque élève.

## *3. Du point de vue de l'implication des parents et des partenaires*

Le jeu d'échecs est un jeu de société pour lequel les documents institutionnels incitent à mobiliser les parents et les partenaires de l'école au sein des projets mis en place. Nous avons pu constater en menant ce projet à bien que les élèves impliquaient leur famille dans l'apprentissage du jeu d'échecs : jeu avec des membres de la famille, sollicitation des membres de la famille pour résoudre les diagrammes, aller acheter un échiquier, ressortir l'échiquier qui était rangé. Ainsi, nous pouvons dire qu'il serait indispensable d'enrôler les parents d'élèves et les partenaires de l'école dans ce projet, afin d'en faire un projet commun. En effet, pour progresser, les élèves ont besoin de pratiquer. Pour pratiquer, il faut qu'ils aient du matériel à disposition fréquemment : à la pause

méridienne, pendant le périscolaire, dans la classe, dans l'école en général, à la maison. La coéducation par le jeu pourrait s'avérer être une piste intéressante et dans l'intérêt de tous les élèves. En effet, les enfants de milieux défavorisés ont plus de risques de développer des fonctions exécutives inadéquates (Deprince, Weinzierl, et Combs, 2009 ; Masten, 2012), notamment des élèves à besoins particuliers, puisque les parents pourraient soit jouer avec l'enfant, soit apprendre en même temps.

Nous pourrions ainsi mettre à disposition des élèves et des parents une application sur l'ENT de l'école afin de pouvoir jouer aux échecs ou leur permettre l'accès à certaines plateformes comme MatPat, recommandé par le ministère de l'Education Nationale, qui permet de faire rentrer la classe ou l'école dans une communauté de jeu, d'accéder à des tournois et propose des contenus adaptés (Blanquer, 2012). Nous pourrions aussi mettre en ligne des fiches expliquant les règles du jeu. Dans la même idée, les élèves pourraient réaliser des capsules vidéos afin d'expliquer les différents déplacements.

Les parents pourraient également avoir un temps dédié pour apprendre à jouer, se rencontrer et s'entraîner. Ces temps de jeu seraient menés soit par un enseignant, soit par un membre d'une association locale, comme par exemple les Rois de la Têt à Perpignan, ou même par un autre parent. Nous pourrions aussi organiser du prêt de matériel, à la manière des ludothèques, ou des tournois par équipes de parents d'élèves et d'enfants, voire même d'enseignants ! Un partenariat avec un joueur ou une personnalité locale pourrait également être un fil conducteur, un défi pour les élèves, comme dans le projet réalisé par les enfants du Blanc-Mesnil, qui ont défié le Maire de la ville aux échecs pendant une année (Europe Echecs, 2017).

Les rencontres interécoles ou interclasses sont également une perspective à envisager, et qui permettrait de donner une visibilité plus large au projet. Ces rencontres pourraient être d'autant plus intéressantes si elles mettent en valeur la complémentarité entre le jeu d'échecs et le repérage dans l'espace, comme cela a été proposé par le projet ATHL'Echec (Les Cavaliers Des Trois Palétuviers). En retour de notre journée au Fort de Serrat d'en Vaquer, une élève a proposé d'organiser une course d'orientation dans l'école. C'est une réussite de pouvoir constater que la sortie a donné envie aux élèves de refaire cette activité et de l'organiser, et ce serait également un projet vraiment très intéressant à mettre en place dans l'école.



## Conclusion

Un environnement peut être proche, lointain, réel ou imaginaire, mais aussi être observé objectivement, défini par des coordonnées, comme subjectivement et dépendre de la proximité avec le sujet. L'appréhension de l'espace, dépendante du développement de l'enfant, est importante, car elle est présente dans toutes les disciplines, et permet d'instaurer un cadre dans lequel les connaissances vont pouvoir s'organiser, se développer et se complexifier, en favorisant les apprentissages.

Or, se repérer dans l'espace nécessite un ensemble d'habiletés, comme se situer, s'orienter, se déplacer ou déplacer un objet, dans un environnement. Dans le cas d'un déplacement par exemple, il est nécessaire de réfléchir avant d'effectuer le trajet, de changer de perspective si le premier trajet ne convient pas, décider d'un ordre des étapes à effectuer et retenir le trajet prévu.

Ces différents processus font appel aux fonctions exécutives que sont la **mémorisation**, la **planification**, l'**inhibition** et la **flexibilité cognitive**. Ainsi, en développant les fonctions exécutives des élèves, il est possible de faire évoluer leurs compétences en repérage dans l'espace. Cependant, le transfert de ces compétences d'un domaine à un autre nécessite une **explicitation** et une **verbalisation** de celles-ci.

Le jeu d'échecs nous a servi ici de support à cette explicitation. En effet, il a permis aux élèves de développer leurs fonctions exécutives, de manière ludique, et de mettre en lumière les **compétences** utilisées au cours de ce jeu en se rendant compte de leur **transférabilité** dans les autres domaines. Il a également servi de base au travail sur les différents espaces développés par Brousseau, en travaillant conjointement sur ce jeu et d'autres activités liées au repérage dans l'espace.

Les élèves ont ainsi compris que les processus cognitifs qu'ils mettent en jeu en se repérant dans le micro espace, en 2D ou en 3D, qu'est l'échiquier, sont les mêmes que ceux qu'ils utilisent en géométrie, en géographie, en EPS ou en résolution de problèmes.

Cet apprentissage par le jeu suit les recommandations ministérielles et change le rapport des élèves à l'erreur vécue. À la suite des **verbalisations** que nous avons effectuées tout au long du projet, nous pouvons dire que **les élèves ont conscience que le jeu leur permet de s'entraîner**, de se tromper et de recommencer. Pour eux, c'est un moyen d'apprendre avec les autres et d'apprendre des autres.

Bien que cette prise de conscience soit un résultat positif, le temps court que nous avons eu pour réaliser les expérimentations, ainsi que le peu de données disponibles, impliquent que nous devons prendre de la distance par rapport aux résultats obtenus, et nous amènent à proposer des prolongements, afin qu'ils soient plus probant. En effet, dans un projet comme celui-ci, nous pensons qu'il est important d'effectuer un **travail sur plusieurs années**, sur un ou **plusieurs cycles**, mais également de construire une réelle **collaboration entre tous les membres de l'équipe éducative**.

## Bibliographie

- Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive Functions after Age 5: Changes and Correlates. *Developmental Review*, 29(3), 180–200. Disponible sur le Web : <https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.05.002>
- Blanquer, J.-M. (2012, janvier). Enseignements primaire et secondaire - Actions éducatives - Introduction du jeu d'échecs à l'École - Circulaire n° 2012-011 du 12-1-2012. Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse [consulté le 11 mai 2019]. Disponible sur le Web : [https://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin\\_officiel.html?cid\\_bo=59015](https://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=59015)
- Brooks, A., Todd, A. W., Tofflemoyer, S., & Horner, R. H. (2003). Use of Functional Assessment and a Self-Management System to Increase Academic Engagement and Work Completion. *Journal of Positive Behavior Interventions*, 5(3), 144–152.
- Brousseau, G. (2000). Les propriétés didactiques de la géométrie élémentaire. L'étude de l'espace et de la géométrie. *ResearchGate*. Presented at the Séminaire de Didactique des Mathématiques, Rethymon. Disponible sur le Web : [https://www.researchgate.net/publication/46141500\\_Les\\_proprietes\\_didactiques\\_de\\_la\\_geometrie\\_elementaire\\_L\\_etude\\_de\\_l'espace\\_et\\_de\\_la\\_g\\_eometrie](https://www.researchgate.net/publication/46141500_Les_proprietes_didactiques_de_la_geometrie_elementaire_L_etude_de_l'espace_et_de_la_g_eometrie)
- Bucheton, D., & Soulé, Y. (2009). Les gestes professionnels et le jeu des postures de l'enseignant dans la classe : un multi-agenda de préoccupations enchâssées. *Éducation et didactique*, 3(3), 29–48. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.543>
- Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : concepts et développement. *Canadian Psychology / Psychologie Canadienne*, 51(3), 149–163. <https://doi.org/10.1037/a0020031>
- Collette, F. (2004). Exploration des fonctions exécutives par imagerie cérébrale. In *Neuropsychologie des Fonctions Exécutives*. Disponible sur le Web : [https://www.researchgate.net/publication/242152885\\_Exploration\\_des\\_fonctions\\_executives\\_par\\_imagerie\\_cerebrale](https://www.researchgate.net/publication/242152885_Exploration_des_fonctions_executives_par_imagerie_cerebrale)
- Darken, R. P., & Peterson, B. (2002). Spatial orientation, wayfinding, and representation. In *Human factors and ergonomics. Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications* (K. M. Stanney, pp. 493–518).
- Darken, R. P., & Sibert, J. L. (1996). Wayfinding Strategies and Behaviors in Large Virtual Worlds. *Proceedings of ACM SIGCHI 96*.
- Deprince, A., Weinzierl, K. M., & Combs, M. D. (2009). Executive function performance and trauma exposure in a community sample of children. *Child Abuse & Neglect*, 33(6), 353–361. <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2008.08.002>
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to Aid Executive Function Development in Children 4–12 Years Old. *Science (New York, N.Y.)*, 333(6045), 959–964. <https://doi.org/10.1126/science.1204529>
- Duroisin, N. (2015). *What place for spatial learning in school? Experimental study of the development of spatial skills by learners aged 6 to 15 years* (Theses, Université de Mons). Disponible sur le Web : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01152392>

- Elissalde, B. (2004). Spatialité. Hypergéométrie [consulté le 6 mai 2019]. Disponible sur le Web : <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article6>
- Europe Echecs. (2017, juin). 1000 écoliers défient leur maire. Europe Echecs [consulté le 11 mai 2019] Disponible sur le Web : <https://www.europe-echecs.com/art/1000-ecoliers-defient-leur-maire-6985.html>
- Fayol, M., & Florin, A. (1986). Florin (Agnès). — Le langage à l'école maternelle. *Revue française de pédagogie*, 75(1), 118–120.
- INSERM. (2013). Fonctions cognitives chez l'enfant : clés de compréhension. INSERM [consulté le 11 mai 2019]. Disponible sur le Web : <https://www.inserm.fr/information-en-sante/seminaires/sks-fonctions-cognitives-chez-enfant-cles-comprehension>
- Les Cavaliers Des Trois Palétuviers - Course relais et jeu d'échecs. (n.d.). Les Cavaliers Des Trois Palétuviers [consulté le 10 mai 2019]. Disponible sur le Web : <https://www.cavalierstroispaletuviers.eu/Course-relais-et-jeu-d--checs.html>
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A., & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, 75(5), 1357–1372. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00745.x>
- Lurçat, L. (1976). *L'enfant et l'espace : le rôle du corps*. Disponible sur le Web : <http://www.sudoc.fr/000557420>
- Luria, A. R. (1966). *Higher Cortical Functions in Man*. Oxford, England: Basic Books.
- Masten, A. S. (2012). Risk and Resilience in the Educational Success of Homeless and Highly Mobile Children: Introduction to the Special Section. *Sage Journals*, 41(9), 363–365. <https://doi.org/10.3102/0013189X12467366>
- Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. (2016, mars). Les mathématiques par les jeux. Éduscol [consulté le 10 mai 2019]. Disponible sur le Web : [http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Maths\\_par\\_le\\_jeu/92/4/01-RA16\\_C3\\_C4\\_MATH\\_math\\_jeu\\_641924.pdf](http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Maths_par_le_jeu/92/4/01-RA16_C3_C4_MATH_math_jeu_641924.pdf)
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse. (2012, 19 janvier). Le jeu d'échecs à l'école, une autre approche des apprentissages. Éduscol [consulté le 10 mai 2019]. Disponible sur le Web : <http://eduscol.education.fr/cid59057/le-jeu-d-echecs-a-l-ecole-une-autre-approche-des-apprentissages.html>
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse. (2013, 8 juillet). Loi n°2013-595 du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République. Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse [consulté le 11 mai 2019]. Disponible sur le Web : <https://www.education.gouv.fr/cid102387/loi-n-2013-595-du-8-juillet-2013-d-orientation-et-de-programmation-pour-la-refondation-de-l-ecole-de-la-republique.html>
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse. (2015a, 26 mars). Programme d'enseignement de l'école maternelle - Bulletin officiel spécial n°2 du 26 mars 2015. Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse [consulté le 10 mai 2019]. Disponible sur le Web : [https://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin\\_officiel.html?cid\\_bo=86940](https://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=86940)

- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse. (2015b, 26 novembre). Programme d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2) - Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015. Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse [consulté le 10 mai 2019]. Disponible sur le Web : [https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin\\_officiel.html?cid\\_bo=94753](https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=94753)
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse. (2015c, 26 novembre). Programme d'enseignement du cycle de consolidation (cycle 3) - Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015. Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse [consulté le 10 mai 2019]. Disponible sur le Web : [https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin\\_officiel.html?cid\\_bo=94708](https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=94708)
- Moles, A. A., & Rohmer, E. (1998). *Psychosociologie de l'espace*. Paris: Harmattan.
- National Research Council. (2006). *Learning to think spatially: GIS as a support system in the K-12 curriculum*. <https://doi.org/10.17226/11019>.
- Noir, M. (2002). *Le développement des habiletés cognitives de l'enfant par la pratique du jeu d'échecs*. Université Lumière Lyon II, Lyon.
- Pasquinelli, E., Bernard-Delorme, A., Borst, G., & Houdé, O. (2015, décembre). Les fonctions exécutives : des fonctions nécessaires pour l'exécution des tâches complexes, non routinières, nouvelles. Fondation la main à la pâte [consulté le 10 mai 2019]. Disponible sur le Web : <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/25343/les-fonctions-executives-des-fonctions-necessaires-pour-lexecution-des-taches-complexes>
- Pérez, A. (1986). *La légende des deux châteaux*. Disponible sur le Web : <https://anim.cdechecs35.fr/sites/anim/files/1legende.pdf>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1972). *La représentation de l'espace chez l'enfant - Jean Piaget et B. Inhelder - Livres*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Raguet, B. (2017, juillet). « Schatcher » avec le jeu d'échecs. Fédération Française des Echecs [consulté le 11 mai 2019]. Disponible sur le Web : <https://scolaires.ffechecs.fr/Schatcher-avec-le-jeu-d-echecs.html>
- Santé publique France - Accidents de la vie courante : Noyades/Baignades. (2018, mai). INPES [consulté le 10 mai 2019]. Disponible sur le Web : <http://inpes.santepubliquefrance.fr/10000/themes/accidents/noyades.asp>
- Snel, E. (2012). *Calme et Attentif comme une grenouille*. Les arènes.
- Terrier, D., & Vandenweghe-Bauden, M.-D. (1996). *L'espace et la diversité des paysages au CP*. Disponible sur le Web : <http://www.sudoc.fr/004032136>
- Vallaud-Belkacem, N. (2014, décembre). *Stratégie mathématiques*. Disponible sur le Web : <https://www.education.gouv.fr/cid84398/strategie-mathematiques.html>
- Vallaud-Belkacem, N., & Kouatly, B. (2017). *Convention-cadre* (p. 5). Disponible sur le Web : [http://www.echecs.asso.fr/Actus/10048/Convention\\_FFE\\_Education\\_Nationale\\_2017-2020.pdf](http://www.echecs.asso.fr/Actus/10048/Convention_FFE_Education_Nationale_2017-2020.pdf)

- Villani, C., & Torossian, C. (2018). *21 mesures pour l'enseignement des mathématiques*. Disponible sur le Web : [https://cache.media.education.gouv.fr/file/Fevrier/19/0/Rapport\\_Villani\\_Torossian\\_21\\_mesures\\_pour\\_enseignement\\_des\\_mathematiques\\_896190.pdf](https://cache.media.education.gouv.fr/file/Fevrier/19/0/Rapport_Villani_Torossian_21_mesures_pour_enseignement_des_mathematiques_896190.pdf)
- Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, *44*(2), 575–587. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.44.2.575>
- Zelazo, P. D. (2015). Executive function: Reflection, iterative reprocessing, complexity, and the developing brain. *Developmental Review*, *38*, 55–68. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.07.001>